ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUIN 1905,

PRÉSIDENCE DE M. TROOST.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 12 juin sera remise au mardi 13.

THERMOCHIMIE. — *Observations sur les méthodes employées en calorimétrie et spécialement sur la détermination de la chaleur de combustion des composés organiques;* par M. **Berthelot**.

I.

1. Le travail accompli dans la formation des composés organiques, ainsi que dans leurs décompositions et métamorphoses réciproques, n'avait pas été mesuré d'une façon générale jusqu'à l'époque où j'ai établi, en 1865 ([1]), qu'il pouvait être calculé rigoureusement, d'après la connaissance des chaleurs de combustion de ces composés.

Cet ordre de déterminations n'importe pas moins dans les études concernant la chaleur animale, la respiration, la nutrition, et l'emploi industriel des combustibles.

2. Les premières mesures de chaleur de combustion qui aient été exécutées sont dues à Lavoisier : elles consistaient à brûler les corps dans une atmosphère d'oxygène, sous la pression ordinaire, au sein d'un calorimètre.

Ses procédés, fort imparfaits d'ailleurs, ont été successivement perfec-

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VI, p. 331.

tionnés par Dulong, par Andrews, par Favre et Silbermann, dont les expériences font partie de l'histoire de la Science.

Sans prétendre la retracer, il suffira de rappeler que la combustion directe opérée dans ces conditions est toujours plus ou moins insuffisante et qu'elle doit être complétée par une opération simultanée fort pénible, la détermination du poids et de la nature d'une fraction des gaz non brûlée, et par le calcul un peu hypothétique de la quantité de chaleur qu'elle serait susceptible de dégager. D'ailleurs la durée considérable de la combustion proprement dite introduit des corrections très notables, attribuables à l'influence inévitable du réchauffement ou du refroidissement, dû aux milieux ambiants; ce qui diminue la certitude et la précision des résultats définitifs.

II.

Cette ancienne méthode de la combustion progressive par un courant d'oxygène, agissant sous la pression atmosphérique, est celle que M. Thomsen a d'abord suivie dans ses expériences, il y a 25 à 30 ans. Mais, après s'être conformé exactement aux errements de ses prédécesseurs, il a cru devoir les modifier, en ce qui concerne du moins les composés organiques susceptibles d'être réduits en vapeur sous l'influence d'une température, même élevée; tout en conservant le principe d'une combustion progressive. Ses résultats sont consignés dans un grand Ouvrage, publié en 1881-1886, sous le titre de *Thermochemische Untersuchungen*. L'auteur opère cette vaporisation au moyen d'un instrument qu'il désigne sous le nom de *brûleur universel*, et il brûle la vapeur mélangée d'oxygène, toujours d'une façon progressive, dans un calorimètre spécial. Pour simplifier son expérience, il suppose que la correction attribuable aux gaz non brûlés est négligeable; sans justifier d'ailleurs en fait cette opinion, et contrairement aux constatations de tous les savants qui se sont occupés de la question; en outre les inévitables corrections du refroidissement, plus ou moins dissimulées, subsistent.

Enfin, ce qui est plus grave, l'emploi du brûleur universel exige l'*intervention d'un combustible étranger*, l'hydrogène, employé pour vaporiser la substance mise en expérience, et par suite l'addition d'une quantité énorme de chaleur auxiliaire. L'auteur prétend éliminer l'influence de cette addition, en suivant un système de compensation qui lui est particulier. Ses hypothèses à cet égard ne paraissent pas avoir trouvé d'adepte, car aucun expérimentateur n'a adopté son mode d'opérer. Aussi toutes les déterminations

exécutées avec le concours du brûleur universel ont-elles été jugées par les personnes compétentes suspectes d'inexactitudes, de grandeur variable d'ailleurs suivant des conditions mal définies.

La question semblait vidée depuis vingt ans, lorsque M. Thomsen a cru devoir y revenir (¹) récemment, non sans quelque âpreté; sans apporter, d'ailleurs, aucune nouvelle expérience ou justification expérimentale, mais seulement avec des arguments de statistique, tirés de ses propres essais et de leur conformité avec certaines hypothèses adoptées par lui. Il a prétendu expliquer les divergences de ses résultats avec ceux des nombreux savants qui, en France et à l'étranger, ont poursuivi le même ordre d'étude, en attaquant les méthodes qu'ils ont suivies.

Sans vouloir perpétuer une polémique regrettable, ainsi renouvelée par un savant honorable, il paraît cependant nécessaire d'entrer dans de nouvelles explications.

Observons d'abord qu'en principe on ne saurait justifier une méthode en se bornant à faire la statistique des résultats obtenus par un auteur et leur concordance avec ses hypothèses. En effet, de semblables accords peuvent résulter simplement de la régularité du mode d'opérer, alors même que ce mode serait erroné, et de la tendance inconsciente de l'opérateur à diriger la marche de ses expériences, de façon à obtenir des chiffres conformes à ceux calculés à l'avance, en écartant systématiquement ceux qui en divergent. Il y a là une suggestion involontaire, à laquelle succombent les personnes même les plus disposées à se tenir en garde, comme le montrent les faits bien connus relatifs à la baguette divinatoire, et une multitude d'autres.

Dans le cas actuel, il est facile de démontrer l'illusion de semblables calculs, d'après l'examen précis des limites d'erreur des mesures thermométriques les plus parfaites, limites 3, 4 et jusqu'à 10 fois aussi considérables que celles des concordances invoquées par l'auteur; et cela particulièrement quand il s'agit de comparer les différences des valeurs thermiques des termes successifs des séries numériques exprimant les chaleurs de combustion moléculaires. Ces valeurs variant proportionnellement aux poids moléculaires, leurs erreurs croissent aussi proportionnellement, jusqu'à devenir 10 et 20 fois aussi grandes, lorsqu'on passe des premiers termes d'une série à des termes plus élevés. Ces premiers termes eux-mêmes offrent souvent des anomalies; elles ont été constatées par tous les physiciens qui ont

(¹) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. LI, 1905, p. 6.

recherché des relations régulières entre la composition chimique et les propriétés physiques : points d'ébullition, points de fusion, courbes de tensions de vapeur, densités et volumes moléculaires, pouvoirs réfringents spécifiques, etc. La concordance absolue entre les valeurs des différences des chaleurs moléculaires de combustion est donc purement artificielle. En fait, plusieurs savants, en France et en Allemagne, ont essayé de calculer *a priori* les chaleurs de combustion des composés organiques, comme le fait M. Thomsen, mais d'après des voies différentes; et ils ont conclu à l'inexactitude des mesures de cet auteur; en confirmant, au contraire, les mesures faites dans mon laboratoire, dans ceux de mes élèves et dans celui du regretté Stohmann. En tout cas, il est périlleux de prétendre contrôler l'exactitude de données expérimentales par leur comparaison avec de prétendues constantes thermochimiques et avec des hypothèses incertaines.

Sans aborder la discussion détaillée de tous les emplois non justifiés du brûleur universel, il convient de signaler surtout l'incorrection de son application à la combustion des composés chlorés et analogues, en raison de l'ignorance où nous sommes de l'état réel de ces composés au moment de leur combustion. En effet, on sait que la combustion des vapeurs qui renferment de l'hydrogène combiné, aussi bien que celle de leur mélange avec un excès d'hydrogène libre, donne naissance à un mélange de chlore libre, d'oxygène libre, de gaz chlorhydrique, d'eau et d'hydrates chlorhydriques divers en vapeurs saturées; système instable dont la composition se modifie rapidement, au cours du trajet que ce mélange parcourt en sortant du calorimètre pour arriver aux appareils dans lesquels l'auteur absorbe le chlore resté libre au dernier point de ce trajet. Non seulement la constitution finale des vapeurs contenant de l'eau et de l'acide chlorhydrique est inconnue; mais la dose même du chlore libre, mesurable à ce dernier moment, n'est pas la même qu'au point de départ, et son évaluation demeure toujours imparfaite. Les calculs d'ailleurs sont compliqués et appuyés sur des hypothèses incertaines. Les seules expériences correctes à cet égard seraient celles où la totalité du système gazeux demeurerait au sein du calorimètre et y serait ramenée immédiatement à un état invariable, par suite de la disparition complète du chlore libre et des vapeurs saturées. C'est précisément ce que j'ai pris soin de réaliser et de vérifier dans mes propres expériences. Mais M. Thomsen n'a jamais observé cette règle. C'est pour ce motif, joint à l'incertitude résultant de l'introduction d'une source de chaleur étrangère, que toutes les expériences faites avec le brûleur universel sur les composés chlorés doivent être écartées, comme peu correctes.

A fortiori, en est-il de même de celles où un chlorure de carbone est vaporisé dans un grand excès d'hydrogène libre et le tout brûlé par l'oxygène : condition recherchée par l'auteur, mais dans laquelle la chaleur de formation propre du chlorure de carbone est noyée en quelque sorte dans l'énormité de la chaleur de combustion de cet excès d'hydrogène.

Il ne paraît pas nécessaire d'insister davantage sur ces points.

Rappelons cependant, dans un autre ordre, les doutes relatifs aux chaleurs d'oxydation des métaux adoptées par M. Thomsen, valeurs dont plusieurs ont été reconnues fort inexactes depuis les rectifications de M. Moissan (chaleur d'oxydation du calcium portée à $+145^{Cal}$ au lieu de 131,5 d'après Thomsen : erreur 10 pour 100), de M. Guntz (chaleur d'oxydation du baryum mesurée, tandis que M. Thomsen avait construit des Tableaux avec un chiffre purement hypothétique), de M. Joannis (chaleur de dissolution du potassium dans l'eau, trouvée $45^{Cal},2$: au lieu de 48,1, Thomsen : erreur 8 pour 100); et plus généralement l'incertitude des calculs qui appliquent aux métaux, pris dans leur état usuel, des chiffres obtenus pour des états différents, tels que ceux du platine ou du palladium, ou bien encore ceux réalisés en précipitant un métal par un autre métal. L'influence considérable que la diversité d'états d'un même métal exerce sur sa chaleur de combinaison est démontrée, entre autres, par mes expériences sur les états allotropiques de l'argent métallique. Ces différences font varier de 4 Calories la chaleur de formation de l'oxyde d'argent, selon que l'on part de l'argent battu en feuilles, ou de l'argent cristallisé; l'écart étant de 2 Calories pour l'argent précipité de ses sels par une lame de cuivre ([1]). Ces écarts s'élèvent jusqu'à 30 pour 100 de la chaleur d'oxydation admise par M. Thomsen pour l'argent.

La nécessité dans les études thermochimiques et électrochimiques de ramener les états divers des métaux à un type unique, c'est-à-dire à un état initial et rigoureusement défini, n'avait pas été aperçue autrefois. Elle rend aujourd'hui indispensable pour presque tous une revision d'ensemble des données relatives à leurs chaleurs de combinaison; les chiffres consignés dans les *Thermochemische Untersuchungen* n'ayant plus aujourd'hui qu'un caractère historique provisoire, comme ceux de Favre et Silbermann d'autrefois.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XXII, p. 311.

III.

Venons à l'examen des méthodes mises en œuvre pour la combustion des matières organiques au moyen de la bombe calorimétrique, méthodes dont M. Thomsen ne semble pas avoir compris les principes essentiels.

Ces principes sont les suivants : on doit procéder à une transformation intégrale des produits, de façon à réaliser un état final absolument défini au sein même du calorimètre; on doit, en outre, opérer d'une façon presque instantanée, pour réduire toutes les corrections à ne représenter que de très petites fractions de la chaleur mesurée.

Dans ces conditions, les modes intermédiaires de la transformation, objectés d'un façon vague par M. Thomsen, n'influent en rien sur la chaleur totale dégagée. Telle est la caractéristique de toutes mes mesures. Elles ont été exécutées dans mes recherches par deux méthodes différentes, l'une applicable aux gaz, l'autre aux substances solides ou liquides, fixes ou de volatilité quelconque, et j'ai donné tous les résultats exacts sans exception ni correction supplémentaire

Méthode de détonation. — Il y a 25 ans, j'ai opéré par détonation sur les gaz combustibles, parfaitement purs, mélangés en proportion aussi rigoureuse que possible avec l'oxygène pur, sous une pression initiale de 1^{at} à 2^{at} dans un récipient d'acier, doré à l'intérieur et entièrement immergé dans un calorimètre (¹). On détermine l'explosion par une étincelle. La combustion est instantanée, et opérée à volume constant; elle est totale dans ces conditions, comme le savent tous les chimistes et comme j'ai pris le soin de le vérifier par l'analyse et la pesée des produits.

La chaleur est cédée aussitôt au calorimètre et l'expérience complète ne dure pas plus de quelques minutes, sans opération complémentaire.

J'ai procédé de même pour déterminer la chaleur de formation du bioxyde d'azote, en faisant détoner l'éthylène mélangé, d'une part avec le bioxyde d'azote, d'autre part avec l'oxygène pur, et faisant la différence des deux résultats; j'ai opéré de même avec le bioxyde d'azote et le cyanogène.

Cette détermination capitale m'a permis de fixer la chaleur de formation par les éléments de l'acide azotique, des azotates, de la nitroglycérine, de la poudre coton, et des dérivés nitrés; c'est-à-dire de fournir pour la pre-

---

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XX, p. 257.

mière fois les données rigoureuses indispensables à la définition des matières explosives.

J'ai suivi cette marche pour l'étude thermochimique d'un certain nombre de gaz hydrocarbonés et j'en ai fait l'application à plusieurs autres composés, possédant une tension de vapeur suffisante pour être entièrement vaporisés, d'une façon permanente et à froid, dans le volume exact d'oxygène susceptible de les brûler. Ajoutons que les différences, faibles d'ordinaire, qui existent entre les données consignées dans mon dernier Ouvrage (*Thermochimie : données et lois numériques*, 1897) et les résultats obtenus à l'origine, c'est-à-dire d'après les méthodes anciennes, par M. Thomsen, sont explicables par le caractère incomplet de ses combustions progressives et par la présence des impuretés, constatées par lui-même dans les gaz sur lesquels il a opéré [1].

De même, en opérant à la fois par détonation et aussi par les méthodes anciennes de combustion, j'avais rectifié la valeur inexacte de la chaleur de combustion de l'oxyde de carbone, fixée à $66^{\mathrm{Cal}}, 8$ par M. Thomsen (*Berichte* de Berlin, 1871). J'ai obtenu par combustion ordinaire 68,18 et par détonation 68,28. M. Thomsen a rectifié depuis son premier chiffre, conformément à mes indications.

Je ne rappellerai pas l'erreur considérable qu'il avait commise sur la chaleur de combustion de la benzine et qu'il a dû rectifier également, en raison des indications de M. Stohmann et des miennes.

Une correction plus grave encore, démontrée par les méthodes de combustion, est celle de la chaleur de formation du gaz ammoniac par ses éléments. M. Thomsen avait fixé ce chiffre à $+26^{\mathrm{Cal}}, 7$, en se fondant sur des déterminations incorrectes. En 1879, j'ai reconnu cette erreur en brûlant le gaz ammoniac par l'oxygène et j'ai trouvé pour la chaleur de formation de 1^{mol} de ce composé : $+12^{\mathrm{Cal}}, 2$ [2]. Quelques mois après, M. Thomsen a répété mes expériences, les a vérifiées et il a rectifié son erreur.

Méthode de la bombe calorimétrique avec oxygène comprimé. — La méthode de détonation que j'avais ainsi appliquée aux gaz et aux matières très volatiles ne pouvant être employée pour les matières fixes ou peu volatiles, j'ai été conduit, il y a 20 ans, à la modifier ; de façon à instituer une méthode

---

(1) Par exemple, celle de son éthylène contenant, d'après ce savant, une dose notable de formène, etc. Sur ce point comme sur diverses autres rectifications, *voir* ma Note au *Bulletin de la Société chimique* pour 1884, p. 4.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XX, p. 254.

universelle de combustion pour tous les corps combustibles, quel qu'en fût l'état, et même aux corps fixes, solides ou liquides.

Tous ces corps en effet peuvent être brûlés presque instantanément dans l'oxygène comprimé à 25^{atm} et employé en grand excès, de façon que le produit final contienne au moins, sur 100 volumes gazeux, 60 volumes d'oxygène libre. Telle est la méthode de la bombe calorimétrique à oxygène comprimé, méthode d'une réalisation facile, donnant lieu à des mesures très promptes et presque exemptes de corrections. La combustion y est intégrale, comme plusieurs savants l'ont vérifié dans une multitude de cas, en analysant les gaz de cette combustion. Ce résultat rend frivole toute objection fondée sur la marche intermédiaire suivant laquelle cette combustion peut s'accomplir. En effet, c'est un principe de Thermochimie que la chaleur totale dégagée dépend uniquement de l'état initial et de l'état final, étant indépendante des états intermédiaires.

La grande exactitude de cette méthode a été constatée en fait par les nombreux expérimentateurs qui l'ont mise en cause, non seulement en France, mais dans les autres pays et notamment en Allemagne, où elle a été éprouvée par des savants exercés, tels que Stohmann et M. E. Fisher.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la dynamique de l'électron.* Note de M. H. Poincaré.

Il semble au premier abord que l'aberration de la lumière et les phénomènes optiques qui s'y rattachent vont nous fournir un moyen de déterminer le mouvement absolu de la Terre, ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, mais par rapport à l'éther. Il n'en est rien; les expériences où l'on ne tient compte que de la première puissance de l'aberration ont d'abord échoué et l'on en a aisément découvert l'explication; mais Michelson, ayant imaginé une expérience où l'on pouvait mettre en évidence les termes dépendant du carré de l'aberration, ne fut pas plus heureux. Il semble que cette impossibilité de démontrer le mouvement absolu soit une loi générale de la nature.

Une explication a été proposée par Lorentz, qui a introduit l'hypothèse d'une contraction de tous les corps dans le sens du mouvement terrestre; cette contraction rendrait compte de l'expérience de Michelson et de toutes celles qui ont été réalisées jusqu'ici, mais elle laisserait la place à d'autres expériences plus délicates encore, et plus faciles à concevoir qu'à exécuter,

qui seraient de nature à mettre en évidence le mouvement absolu de la Terre. Mais, si l'on regarde l'impossibilité d'une pareille constatation comme hautement probable, il est permis de prévoir que ces expériences, si on parvient jamais à les réaliser, donneront encore un résultat négatif. Lorentz a cherché à compléter et à modifier son hypothèse de façon à la mettre en concordance avec le postulat de l'impossibilité *complète* de la détermination du mouvement absolu. C'est ce qu'il a réussi à faire dans son article intitulé *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light* (*Proceedings* de l'Académie d'Amsterdam, 27 mai 1904).

L'importance de la question m'a déterminé à la reprendre; les résultats que j'ai obtenus sont d'accord sur tous les points importants avec ceux de Lorentz; j'ai été seulement conduit à les modifier et à les compléter dans quelques points de détail.

Le point essentiel, établi par Lorentz, c'est que les équations du champ électromagnétique ne sont pas altérées par une certaine transformation (que j'appellerai du nom de *Lorentz*) et qui est de la forme suivante

$$(1) \qquad x' = kl(x + \varepsilon t), \qquad y' = ly, \qquad z' = lz, \qquad t' = kl(t + \varepsilon x),$$

x, y, z sont les coordonnées et t le temps avant la transformation, x', y', z' et t' après la transformation. D'ailleurs ε est une constante qui définit la transformation

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}$$

et l est une fonction quelconque de ε. On voit que dans cette transformation l'axe des x joue un rôle particulier, mais on peut évidemment construire une transformation où ce rôle serait joué par une droite quelconque passant par l'origine. L'ensemble de toutes ces transformations, joint à l'ensemble de toutes les rotations de l'espace, doit former un groupe; mais, pour qu'il en soit ainsi, il faut que $l = 1$; on est donc conduit à supposer $l = 1$ et c'est là une conséquence que Lorentz avait obtenue par une autre voie.

Soient ρ la densité électrique de l'électron, ξ, η, ζ sa vitesse avant la transformation; on aura pour les mêmes quantités ρ', ξ', η', ζ' après la transformation

$$(2) \quad \rho' = \frac{k}{l^3}\rho(1 + \varepsilon\xi), \qquad \rho'\xi' = \frac{k}{l^3}\rho(\xi + \varepsilon), \qquad \rho'\eta' = \frac{\rho\eta}{l^3}, \qquad \rho'\zeta' = \frac{\rho\zeta}{l^3}.$$

Ces formules diffèrent un peu de celles qui avaient été trouvées par Lorentz.

Soient maintenant X, Y, Z et X', Y', Z' les trois composantes de la force avant et après la transformation, *la force est rapportée à l'unité de volume;* je trouve

$$(3) \qquad X' = \frac{k}{l^5}(X + \varepsilon\Sigma X\xi), \qquad Y' = \frac{Y}{l^5}, \qquad Z' = \frac{Z}{l^5}.$$

Ces formules diffèrent également un peu de celles de Lorentz; le terme complémentaire en $\Sigma X\xi$ rappelle un résultat obtenu autrefois par M. Liénard.

Si nous désignons maintenant par X_1, Y_1, Z_1 et X'_1, Y'_1, Z'_1 les composantes de la force rapportée non plus à l'unité de volume, mais à l'unité de masse de l'électron, nous aurons

$$(4) \qquad X'_1 = \frac{k}{l^5}\frac{\rho}{\rho'}(X_1 + \varepsilon\Sigma X_1\xi), \qquad Y'_1 = \frac{\rho}{\rho'}\frac{Y_1}{l^5}, \qquad Z'_1 = \frac{\rho}{\rho'}\frac{Z_1}{l^5}.$$

Lorentz est amené également à supposer que l'électron en mouvement prend la forme d'un ellipsoïde aplati; c'est également l'hypothèse faite par Langevin, seulement, tandis que Lorentz suppose que deux des axes de l'ellipsoïde demeurent constants, ce qui est en accord avec son hypothèse $l = 1$, Langevin suppose que c'est le volume qui reste constant. Les deux auteurs ont montré que ces deux hypothèses s'accordent avec les expériences de Kaufmann, aussi bien que l'hypothèse primitive d'Abraham (électron sphérique). L'hypothèse de Langevin aurait l'avantage de se suffire à elle-même, puisqu'il suffit de regarder l'électron comme déformable et incompressible pour expliquer qu'il prenne quand il est en mouvement la forme ellipsoïdale. Mais je montre, d'accord en cela avec Lorentz, qu'elle est incapable de s'accorder avec l'impossibilité d'une expérience montrant le mouvement absolu. Cela tient, ainsi que je l'ai dit, à ce que $l = 1$ est la seule hypothèse pour laquelle l'ensemble des transformations de Lorentz forme un groupe.

Mais avec l'hypothèse de Lorentz, l'accord entre les formules ne se fait pas tout seul; on l'obtient, et en même temps une explication possible de la contraction de l'électron, en supposant que *l'électron, déformable et compressible, est soumis à une sorte de pression constante extérieure dont le travail est proportionnel aux variations du volume.*

Je montre, par une application du principe de moindre action, que, dans

ces conditions, la compensation est complète, si l'on suppose que l'inertie est un phénomène exclusivement électromagnétique, comme on l'admet généralement depuis l'expérience de Kaufmann, et qu'à part la pression constante dont je viens de parler et qui agit sur l'électron, toutes les forces sont d'origine électromagnétique. On a ainsi l'explication de l'impossibilité de montrer le mouvement absolu et de la contraction de tous les corps dans le sens du mouvement terrestre.

Mais ce n'est pas tout : Lorentz, dans l'Ouvrage cité, a jugé nécessaire de compléter son hypothèse en supposant que toutes les forces, quelle qu'en soit l'origine, soient affectées, par une translation, de la même manière que les forces électromagnétiques, et que, par conséquent, l'effet produit sur leurs composantes par la transformation de Lorentz est encore défini par les équations (4).

Il importait d'examiner cette hypothèse de plus près et en particulier de rechercher quelles modifications elle nous obligerait à apporter aux lois de la gravitation. C'est ce que j'ai cherché à déterminer; j'ai été d'abord conduit à supposer que la propagation de la gravitation n'est pas instantanée, mais se fait avec la vitesse de la lumière. Cela semble en contradiction avec un résultat obtenu par Laplace qui annonce que cette propagation est, sinon instantanée, du moins beaucoup plus rapide que celle de la lumière. Mais, en réalité, la question que s'était posée Laplace diffère considérablement de celle dont nous nous occupons ici. Pour Laplace, l'introduction d'une vitesse finie de propagation était la *seule* modification qu'il apportait à la loi de Newton. Ici, au contraire, cette modification est accompagnée de plusieurs autres; il est donc possible, et il arrive en effet, qu'il se produise entre elles une compensation partielle.

Quand nous parlerons donc de la position ou de la vitesse du corps attirant, il s'agira de cette position ou de cette vitesse à l'instant où l'*onde gravifique* est partie de ce corps; quand nous parlerons de la position ou de la vitesse du corps attiré, il s'agira de cette position ou de cette vitesse à l'instant où ce corps attiré a été atteint par l'onde gravifique émanée de l'autre corps; il est clair que le premier instant est antérieur au second.

Si donc x, y, z sont les projections sur les trois axes du vecteur qui joint les deux positions, si la vitesse du corps attiré est ξ, η, ζ, et celle du corps attirant ξ_1, η_1, ζ_1, les trois composantes de l'attraction (que je pourrai encore appeler X_1, Y_1, Z_1) seront des fonctions de x, y, z, ξ, η, ζ, ξ_1, η_1, ζ_1. Je me suis demandé s'il était possible de déterminer ces fonctions de telle

façon qu'elles soient affectées par la transformation de Lorentz conformément aux équations (4) et qu'on retrouve la loi ordinaire de la gravitation, toutes les fois que les vitesses ξ, η, ζ, ξ_1, η_1, ζ_1 sont assez petites pour qu'on puisse en négliger les carrés devant le carré de la vitesse de la lumière.

La réponse doit être affirmative. On trouve que l'attraction corrigée se compose de deux forces, l'une parallèle au vecteur x, y, z, l'autre à la vitesse ξ_1, η_1, ζ_1.

La divergence avec la loi ordinaire de la gravitation est, comme je viens de le dire, de l'ordre de ξ^2; si l'on supposait seulement, comme l'a fait Laplace, que la vitesse de propagation est celle de la lumière, cette divergence serait de l'ordre de ξ, c'est-à-dire 10000 fois plus grande. Il n'est donc pas, à première vue, absurde de supposer que les observations astronomiques ne sont pas assez précises pour déceler une divergence aussi petite que celle que nous imaginons. Mais c'est ce qu'une discussion approfondie permettra seule de décider.

PHOTOGRAPHIE. — *Photographies en couleurs du spectre négatives par transmission.* Note de M. G. **Lippmann**.

On sait que l'on obtient la reproduction photographique des couleurs en employant une couche sensible de nature quelconque, pourvu qu'elle soit transparente, et adossée, pendant la pose, à un miroir de mercure. Les couleurs du modèle sont visibles par réflexion après développement de la plaque.

La nature de la couche sensible est d'ailleurs indifférente : on obtient des couleurs soit avec des couches de gélatinobromure d'argent, soit avec des couches de gélatine ou d'albumine, ou de cellulose bichromatée ([1]).

Quand la couche sensible est formée d'une pellicule bichromatée, on la

---

([1]) Pour opérer sur cellulose, on fait dissoudre cette substance dans la liqueur de Schweizer, on coule sur verre. Après que la couche a fait prise, on la décolore par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu; puis on l'imbibe de bichromate de potasse à 3 ou 4 pour 100 et on la fait sécher. La couche sèche est exposée dans le châssis à mercure, jusqu'à ce que la trace de l'image soit visible en brun. Il ne reste plus qu'à laver la plaque à l'eau pure, pour enlever le bichromate : les couleurs apparaissent en même temps.

fixe par un simple lavage à l'eau : les couleurs apparaissent en même temps, visibles tant que la couche est humide. Elles disparaissent par dessiccation et reparaissent chaque fois que l'on rend de l'humidité à la plaque ([1]).

Ce phénomène tient sans doute à l'action exercée par la lumière sur les propriétés hygrométriques de la pellicule. La substance bichromatée devient moins gonflable par l'eau, partout où l'action lumineuse a été plus forte, c'est-à-dire dans les maxima d'interférence. L'humidité rend la plaque hétérogène au point de vue physique et optique en se répartissant dans sa masse suivant une loi périodique.

Je me suis demandé si l'on ne pourrait pas remplacer, dans cette expérience, l'eau, qui s'évapore, par une matière solide et fixe.

J'ai imbibé la plaque, non plus d'eau pure, mais d'une dissolution aqueuse d'iodure de potassium : après séchage les couleurs subsistent encore, mais faiblement visibles; l'iodure de potassium est donc demeuré dans la plaque en se partageant inégalement entre les maxima et minima d'interférence.

Vient-on à verser sur les couches ainsi chargées d'iodure de potassium à l'état sec une dissolution de nitrate d'argent à 20 pour 100, les couleurs deviennent extrêmement brillantes : on peut ensuite laver la plaque et la faire sécher; les couleurs subsistent après séchage avec tout leur éclat.

Il s'est sans doute formé de l'iodure d'argent qui demeure inégalement réparti dans l'épaisseur de la pellicule. Mais celle-ci demeure transparente et l'iodure est dissimulé à l'état de solution dans la couche solide; il n'en produit pas moins un renforcement des couleurs, qui subsistera après le séchage.

En outre, on constate sur ces épreuves, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, que les couleurs vues par transparence sont changées en leurs complémentaires, et que les négatifs ainsi obtenus sont brillants. Si l'on arrivait quelque jour à obtenir le même résultat en partant, non plus de couches bichromatées, qui sont peu sensibles et peu isochromatiques, mais de pellicules au gélatinobromure, on pourrait multiplier les épreuves en couleurs par tirage au châssis-presse, comme dans le cas de la photographie ordinaire.

([1]) Dans le cas de la gélatine, qui se gonfle fortement, il ne faut pas remouiller complètement la plaque, mais l'humecter avec l'haleine, ou mieux la passer à l'alcool.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés du chlorure et du bromure de thorium.* Note de MM. **H. Moissan** et **Martinsen.**

Le chlorure de thorium a été déjà l'objet d'un certain nombre de recherches : son existence avait été indiquée par Berzélius ([1]) en 1826, et son étude reprise par Chydénius ([2]) en 1863. En 1885, M. Troost ([3]) a déterminé sa densité de vapeur. Krüss et Nilson ([4]) ont préparé ce chlorure par l'action de l'acide chlorhydrique sur le métal impur. Ils ont donné un certain nombre de ses propriétés et déterminé aussi sa densité de vapeur. MM. Moissan et Étard ([5]) ont préparé le chlorure de thorium par l'action du chlore sur le carbure. Enfin, MM. Matignon et Delépine ([6]) ont obtenu le même composé, cristallisé, par l'action d'un mélange d'oxyde de carbone et de chlore sur la thorine.

Préparation. — Nous avons repris la méthode de MM. Moissan et Étard, en faisant agir le chlore, bien sec, soit sur le carbure de thorium, ou mieux sur une fonte de thorium aussi riche que possible en métal. Cette fonte de thorium avait été préparée, au four électrique, par l'action du charbon de sucre sur de la thorine pure. La réaction se produit à haute température, et le chlorure vient se condenser dans la partie froide du tube. On obtient ainsi une poudre jaune, plus ou moins cristalline, dont la coloration est due à un excès de chlore. On peut se débarrasser de cet excès de gaz, en sublimant lentement le chlorure dans un courant d'hydrogène sec. Par condensation, on obtient une masse cristalline, transparente. Mais nous ne devons pas oublier que, pendant la préparation et la sublimation de ce composé, les vapeurs de chlorure de thorium attaquent la couverte du tube de porcelaine, de telle sorte qu'il devient assez difficile d'obtenir un produit absolument pur.

De plus, lorsque ce chlorure a été préparé sous forme d'une poussière

---

([1]) Berzélius, *Traité de Chimie*, édit. française, 1826, et *Ann. Chem. Ph. Pogg.*, t. XVI, 1829, p. 385.

([2]) Chydénius, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CXXVII, 1863, p. 33.

([3]) Troost, *Comptes rendus*, t. CI, 1885, p. 360.

([4]) Krüss et Nilson, *Ber. chem. Gesell.*, t. XX, 1887, p. 1665.

([5]) Moissan et Étard, *Comptes rendus*, t. CXXII, 1896, p. 573.

([6]) Matignon et Delépine, *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 37.

cristalline, il est tellement hygroscopique, que son maniement et son transvasement d'un appareil dans un autre deviennent presque impossibles. Si l'on fait l'analyse de ces derniers échantillons, ils donnent toujours des chiffres un peu inférieurs à la formule $ThCl^4$, par suite de cette action inévitable de l'humidité de l'air. Il existe peu de composés aussi hygroscopiques que le chlorure de thorium.

Nous avons alors monté un appareil, dans lequel on pouvait d'abord faire l'attaque du carbure de thorium par le chlore, dans un tube de porcelaine; puis, en remplaçant le chlore par un courant d'hydrogène, sublimer ensuite le chlorure obtenu, et l'amener, par volatilisation, dans un tube de verre terminé par plusieurs ampoules, où il était possible de le recueillir. On évitait ainsi tout transvasement et tout maniement en présence de l'air. Bien entendu, notre appareil était primitivement séché avec le plus grand soin, et nos gaz bien privés d'humidité. La dernière sublimation se faisait dans le vide, de façon à faire passer le chlorure d'une ampoule dans une autre. Malgré toutes ces précautions, et bien que les deux dernières ampoules ne fussent pas attaquées, il se formait toujours, à la sortie du tube de porcelaine, une petite quantité d'une poudre blanche qui renfermait du thorium, du chlore et de l'oxygène.

Cet oxychlorure était produit grâce à l'attaque de la porcelaine. De même, surtout lorsque l'attaque du métal par le chlore durait longtemps, nous trouvions quelques petits cristaux de chlorure d'aluminium facilement volatilisables. Enfin, il se formait parfois dans la première partie de l'opération un anneau très mince de sesquichlorure de fer. Ce métal provenait des électrodes du four électrique, d'où il avait été volatilisé puis fixé sur le carbure de thorium au moment de sa préparation. Nous nous étions assurés, au préalable, que notre thorine, bien blanche, ne contenait pas de fer.

Cette expérience, conduite avec lenteur, nous a donc permis, malgré l'attaque de la porcelaine, de séparer, à l'état solide et cristallisé, du chlorure de thorium qui était toujours comparable à lui-même.

Propriétés. — Le chlorure de thorium, ainsi préparé, était incolore lorsqu'il se présentait en cristaux, et blanc lorsqu'il était fondu. S'il n'est pas pur, il se colore lentement en gris, et cette décomposition paraît s'accentuer sous l'action de la lumière et du temps. Les échantillons bien cristallisés restent inaltérés, ils ne sont que très peu radioactifs.

Il fournit, avec l'eau, une solution acide complètement incolore qui, par évaporation, donne facilement une solution sursaturée de l'hydrate

de M. Cleve $ThCl^4, 8H^2O$ [1]. Ce chlorure est soluble dans l'alcool absolu, dans l'alcool à 95° et dans l'éther saturé d'eau. Sa solution alcoolique, par évaporation, l'abandonne à l'état cristallisé. L'éther sec en dissout des traces, mais le chlorure de thorium est insoluble dans le benzène, le toluène, l'essence de térébenthine, le chloroforme et le sulfure de carbone. La densité a été déterminée au moyen du benzène rectifié sur le sodium métallique, et nous a donné, pour le composé cristallisé, le chiffre 4,59. La détermination des températures de fusion et d'ébullition du chlorure de thorium a été assez délicate, à cause de l'attaque du verre et de la porcelaine par la vapeur de ce composé. La détermination a été faite au moyen d'un couple platine platine-iridié. Le chlorure, chauffé de 500° à 625° dans le vide, ne donne pas, après 10 minutes, de sublimé visible. Entre 720° et 750° on voit apparaître nettement des cristaux, mais le chlorure n'entre pas en fusion; nous avons trouvé comme point de fusion 820°. Nous rappellerons ici que MM. Krüss et Nilson avaient pris sa densité de vapeur à des températures comprises entre 1000° et 1400°.

Nous indiquerons quelques propriétés nouvelles de ce composé qui viennent s'ajouter à celles qui sont déjà connues. Le fluor déplace le chlore de ce composé dès la température ordinaire, et, si l'on chauffe légèrement, l'attaque se produit avec violence, et toute la masse est portée à l'incandescence. Porté au rouge dans un courant d'oxygène, il donne de la thorine. Le chlorure de thorium, maintenu au rouge sombre dans un courant de vapeur de soufre entraîné par de l'hydrogène, fournit de l'acide chlorhydrique et un sulfure noir, mélangé d'une petite quantité de poudre jaune qui est un oxysulfure de thorium. On peut séparer ce dernier composé en attaquant par l'acide chlorhydrique, qui dissout le sulfure noir et laisse intact le précipité jaune. Chauffé dans les mêmes conditions en présence de vapeurs de sélénium, ce chlorure fournit un séléniure de couleur noire, analogue à celui qui a été signalé par MM. Moissan et Étard dans l'action du sélénium sur le carbure de thorium. Maintenu au rouge dans un courant de vapeurs de phosphore, il fournit un phosphure noir. Il n'est pas attaqué à 600° par le bore et le silicium, mais, à cette température, le calcium le réduit avec incandescence. Il en est de même du thorium métallique en petits cristaux.

Au contact de l'ammoniac liquéfié, il se désagrège et fournit une poudre cristalline de chlorure de thorium ammoniacal peu soluble dans le liquide

---

(1) Cleve, *Jahresb.*, 1874, p. 261.

où elle s'est formée et comparable aux composés préparés par Chydénius et par Mattews [1].

Projeté sur l'azotate ou le chlorate de potassium en fusion, ce sel se décompose rapidement sans incandescence.

Analyses. — L'analyse de ce chlorure de thorium a été faite tout d'abord sur des échantillons qui avaient été transvasés d'un tube dans un autre, ainsi que nous l'avons fait remarquer précédemment, et, dans ce cas, les dosages du chlore et du thorium étaient toujours trop faibles, par suite de l'action décomposante de l'humidité de l'air. En recueillant directement les échantillons dans les tubes de verre qui ont été scellés et pesés, nous avons obtenu les déterminations suivantes :

	I.	II.	Théorie.
Thorium.......	61,94	62,42	62,12
Chlore.........	38,05	37,60	37,88

Ces analyses, faites sur des échantillons très bien cristallisés, ne sont cependant pas absolument concordantes.

Bromure de thorium. Préparation. — Ce composé, obtenu antérieurement par MM. Troost et Ouvrard en faisant agir la vapeur de brome sur un mélange de thorine et de charbon [2], a été préparé, dans les mêmes conditions que le chlorure, par l'action des vapeurs de brome sur la fonte de thorium. Le sublimé obtenu a été distillé, une première fois dans l'hydrogène, et une seconde fois dans le vide, dans un appareil identique à celui que nous venons de décrire. Nous avons ainsi obtenu, à volonté, des cristaux transparents et une masse blanche fondue. Les échantillons de ce bromure de thorium, conservés dans de petits tubes scellés, à la lumière diffuse du laboratoire, nous ont présenté un curieux phénomène de décomposition très lente. Ils deviennent lentement gris, en abandonnant des vapeurs de brome. La solubilité de ce bromure est comparable à celle du chlorure. Sa densité, prise dans le benzène sec, nous a donné les chiffres suivants : densité des cristaux, 5,62; densité du sel fondu, 5,67. Il n'est que très peu radioactif.

En chauffant le bromure, dans le vide, à une température comprise entre 600° et 620°, la tension de vapeur est déjà suffisante pour produire

---

(1) Mattews, *Journ. amer. chem. Soc.*, t. XX, 1898, p. 815.

(2) Troost et Ouvrard, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVII, 1889, p. 227.

un léger sublimé. Après une chauffe de 6 heures à 710°, le bromure est complètement sublimé, dans le vide, en aiguilles brillantes, sans laisser de résidu. Son point d'ébullition est voisin de 725°. Le bromure de thorium fond plus bas et est plus facilement volatilisable que le chlorure.

Le fluor attaque ce composé, à la température ordinaire, avec incandescence. Dans un courant de chlore, il suffit de chauffer légèrement pour chasser tout le brome. Maintenu au rouge dans un courant d'oxygène il donne de la thorine et des vapeurs de brome. L'hydrogène sulfuré et l'hydrogène sélénié fournissent, au rouge sombre, un sulfure et un séléniure qui possèdent les propriétés du sulfure noir et du séléniure préparés au moyen du chlorure.

Le bromure de thorium est réduit au rouge sombre par le calcium avec incandescence.

Le bromure anhydre, comme le chlorure, se délite dans l'ammoniac liquéfié à —40°, puis foisonne et donne un bromure ammoniacal.

Le bromure de thorium est complètement soluble dans l'eau, et cette solution, évaporée sur l'acide sulfurique, dans le vide, à froid, ne tarde pas à se concentrer, puis à devenir légèrement rouge. Il se forme bientôt une abondante cristallisation, et, lorsque toute l'eau est évaporée, le résidu correspond à un hydrate à 8^{mol} d'eau, $ThBr^4, 8H^2O$, comparable au chlorure hydraté de M. Cleve.

Si l'on fait bouillir cette solution aqueuse de bromure de thorium, en présence de l'air, puis que l'on sèche à l'étuve jusqu'à + 160°, le bromure de thorium s'oxyde et l'on obtient un composé blanc se rapprochant de la formule $ThOBr^2$.

Analyses. — Le bromure de thorium anhydre nous a donné les chiffres suivants :

	I.	II.	Théorie.
Thorium	41,67	42,07	42,09
Brome	58,04	58,01	57,91

Les analyses, faites sur deux échantillons d'oxybromure préparés dans des conditions différentes, nous ont fourni :

	I.	II.	Théorie.
Thorium	55,24	57,59	56,92
Brome	35,85	35,14	39,17

En résumé, le chlorure de thorium $ThCl^4$ et le bromure $ThBr^4$ se préparent avec facilité, par l'action du chlore ou du brome sur la fonte de

thorium. Mais ces deux composés, fondus ou en vapeurs, attaquent le verre et la porcelaine avec facilité, et rendent difficile leur obtention dans un grand état de pureté. On comprend, dès lors, qu'il ait été assez difficile de fixer leur densité de vapeur. Ils possèdent, l'un et l'autre, les propriétés générales des composés de ce groupe.

PATHOLOGIE. — *Sur un cas de transmission par des ixodes de la spirillose et de la piroplasmose bovines.* Note de MM. **A. Laveran** et **Vallée.**

Le 23 avril dernier, l'un de nous recevait la Note suivante de M. Theiler, vétérinaire à Pretoria (Transvaal), accompagnant un envoi de larves de tiques : « Je vous envoie des larves de *Rhipicephalus decoloratus*. C'est la tique qui transmet la spirillose des Bovidés [1]. Vous n'avez qu'à mettre les larves sur un Bovidé et, après une quinzaine de jours, vous constaterez l'existence de la spirillose chez cet animal. Je ne doute pas du succès, j'ai produit la spirillose de cette manière à maintes reprises. »

La tique mère avait été prise, bien entendu, sur un Bovidé infecté de spirillose.

Les larves étaient bien vivantes à leur arrivée à Paris.

Le 24 avril, des larves de tiques en grand nombre sont déposées sur une vache normande de 3 ans, neuve. La vache est isolée dans une écurie du Service des maladies contagieuses à l'École vétérinaire d'Alfort et des précautions minutieuses sont prises pour empêcher la dispersion des larves. Ces larves se fixent sur l'animal, principalement au niveau des points où la peau est mince, et ne tardent pas à grossir.

La recherche des spirilles dans les larves écrasées ne donne que des résultats négatifs (recherche à l'état frais ou sur des frottis colorés).

Du 8 au 12 mai, conformément aux prévisions de M. Theiler, l'examen du sang de la vache révèle l'existence de spirilles. Les spirilles, faciles à voir dans le sang frais, sont peu nombreux ; les examens du sang faits les 8, 9, 10, 11 et 12 mai révèlent de 5 à 10 parasites dans une préparation ordinaire.

Du 8 au 12 mai, la vache ne présente aucun symptôme morbide, sa température reste normale.

A partir du 13 mai, l'examen du sang ne révèle plus l'existence de spirilles.

Le 16 mai, la température de la vache s'élève brusquement à 40°,5 et, le 19 au matin, elle atteint 41°.

---

(1) A. Laveran, *Comptes rendus*, 3 novembre 1902 et 20 avril 1903. — Theiler, *Journ. of compar. Pathol. a. Therap.*, mars 1904.

Le 17 mai, on constate l'existence dans le sang de nombreux *Piroplasma bigeminum* types, il n'y a pas de *P. parvum*.

La piroplasmose aiguë évolue avec ses symptômes caractéristiques, mais sans hémoglobinurie. La prostration est intense. Mort dans la nuit du 21 au 22 mai.

L'autopsie révèle toutes les lésions de la piroplasmose aiguë.

Les larves de *Rh. decoloratus* déposées sur la vache le 24 avril ne mesuraient que $0^{mm},5$ de long; le 18 mai, la tête, l'encolure, la croupe de la vache étaient couvertes de centaines de tiques presque toutes adultes, gorgées de sang et, du 18 au 21 mai, beaucoup de ces tiques se détachaient pour pondre.

Des larves de tiques provenant d'un deuxième envoi de M. Theiler ont été déposées le 1er mai sur un jeune bovin de race tarentaise. Cet animal n'a pas présenté de trouble morbide jusqu'ici (3 juin) et l'existence de spirilles n'a pas été constatée dans le sang.

Enfin des larves de tiques du premier envoi ont été déposées le 16 mai sur un mouton berrichon qui ne s'est pas infecté.

Ces résultats négatifs s'expliquent : très peu de tiques ont pris sur le jeune bovin et aucune ne s'est attachée sur le mouton.

L'expérience de transmission de la spirillose bovine rapportée plus haut nous semble particulièrement probante, en raison des conditions dans lesquelles elle a été faite; cette spirillose n'a jamais été observée en France, ni même en Europe et l'on ne peut pas mettre en doute l'infection du bovidé par les larves de tiques provenant du Transvaal.

D'ailleurs ce mode de transmission n'est pas un fait isolé dans l'histoire des spirilloses. Il résulte des travaux de Marchoux, Salimbeni et Borrel (1), qu'une tique, *Argas miniatus*, propage la spirillose brésilienne des poules. D'autre part les recherches de Cook, Ph. Ross et Milne, confirmées par Dutton et Todd, ont montré que la *Tick fever* de l'Afrique équatoriale, propagée par *Ornithodorus Savignyi* var. *cæca*, était une spirillose (2).

Theiler a constaté l'existence de spirilles chez des moutons au Transvaal et il aurait été intéressant de produire la spirillose avec les mêmes larves de tiques, chez un bovidé et chez un mouton; malheureusement aucune des larves que nous avons déposées sur le mouton ne s'est fixée.

Le bovidé sur lequel nous avions déposé les larves de *Rh. decoloratus*, et

---

(1) Marchoux et Salimbeni, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1903. — Borrel et Marchoux, *Soc. de Biologie*, 25 février 1905.

(2) A.-R. Cook, *Journ. of trop. med.*, 15 janvier 1904. — Ph.-H. Ross et A.-D. Milne, *Brit. med. Journal*, 26 novembre 1904; *Brit. med. Journal*, 6 mai 1905. Article nécrologique consacré à Dutton.

qui s'était infecté d'abord de spirillose, a succombé à une piroplasmose aiguë. Ce fait s'explique facilement; en effet, au Transvaal, les infections mixtes par les spirilles et les piroplasmes sont de règle chez les bovidés; il n'est pas douteux que le bovidé infecté de spirillose, sur lequel a été nourrie la tique qui a fourni les larves avec lesquelles nous avons fait notre expérience, était également atteint de piroplasmose; les infections dues au *Piroplasma* sont souvent latentes chez les bovidés et de longue durée. Le rôle des tiques dans la transmission de la piroplasmose bovine, démontré par les belles recherches de Smith et Kilborne, souvent vérifiées, est aujourd'hui bien connu; nous n'avons donc pas à insister sur cette partie imprévue de notre expérience.

En résumé, l'expérience qui fait l'objet de cette Note montre que les larves de *Rhipicephalus decoloratus* provenant d'une tique nourrie sur un bovidé infecté de spirillose peuvent transmettre cette maladie à des bovidés sains. Des recherches poursuivies au Transvaal avaient déjà conduit M. Theiler à cette conclusion, mais il était intéressant de faire une expérience en dehors de la zone d'endémicité de la spirillose bovine.

L'expérience faite par nous à Alfort avec des larves de tiques provenant du Transvaal montre en outre, une fois de plus, que la piroplasmose bovine est propagée par les ixodes.

PALÉONTOLOGIE. — *L'évolution des Mammifères tertiaires, méthodes et principes*. Note de M. **Charles Depéret**.

Les Mammifères tertiaires sont assurément, de tous les animaux fossiles, ceux qui ont apporté, en faveur de l'hypothèse de l'évolution, les faits les plus intéressants et les arguments d'apparence la plus démonstrative. Cependant les recherches que je poursuis depuis 25 ans sur les groupes les plus divers de Mammifères fossiles m'ont amené peu à peu à la conviction qu'un grand nombre des *faits d'évolution paléontologique* réputés les plus solides sont fort loin d'être indiscutables, et même que beaucoup des *filiations* généralement admises doivent être regardées comme tout à fait inexactes. L'hypothèse transformiste n'a rien à perdre, à mon sens, à se dégager de ces conceptions douteuses ou erronées, qui enlèvent aux données de la Paléontologie le degré de précision et de certitude que l'on est en droit d'exiger de toute recherche scientifique.

Il m'a paru qu'une bonne part de ces incertitudes étaient dues à la défec-

tuosité des méthodes employées pour établir la filiation des êtres fossiles et je me propose de faire d'abord un exposé critique de ces méthodes, en même temps que je m'efforcerai d'établir, en les fixant par des exemples, les principes qui m'ont servi de guide dans cet ordre de recherches.

La méthode généralement suivie repose sur la considération des *adaptations fonctionnelles*. Elle a reçu sa plus remarquable expression dans les beaux travaux de W. Kowalevsky et de M. A. Gaudry.

Elle consiste à étudier, dans une série de genres qui se succèdent plus ou moins exactement dans l'ordre chronologique, les modifications fonctionnelles d'un seul organe ou d'un seul groupe d'organes. La nature de ces organes est d'ailleurs variable suivant les groupes étudiés : c'est ainsi que la réduction des doigts latéraux chez les Imparidigités et les Paridigités, la complication des prémolaires chez les Tapiridés, celle des tuberculeuses chez les Ursidés, le développement progressif des os nasaux chez les Rhinocéridés, celui des bois chez les Cervidés, ont été pris à tour de rôle comme *fils conducteurs* dans l'établissement des *séries de formes* ou *enchaînements*, auxquelles on a attribué la valeur de *séries naturelles*, dont les divers termes seraient apparentés par voie de descendance.

Cette méthode présente, à mon avis, les plus grands dangers. Elle entraîne, en effet, à confondre l'*évolution réelle* d'un groupe naturel d'animaux fossiles avec ce qui n'est effectivement que l'*évolution fonctionnelle d'un organe* dans une série de genres appartenant à des rameaux naturels différents, et n'ayant entre eux aucun rapport de parenté directe. Deux exemples de ces séries que je considère comme *artificielles*, celle des *Équidés* et celle des *Ursidés*, éclaireront cette démonstration.

La filiation des Équidés a été étudiée parallèlement en Europe par Huxley et Kowalewsky, en Amérique par Marsh et Cope. Je ne m'occuperai ici que de la série européenne, qui, partant du *Palæotherium* et du *Paloplotherium*, aboutirait au Cheval par l'intermédiaire de l'*Anchitherium* et de l'*Hipparion*. Ces genres forment, en effet, un série très remarquable (presque toujours citée comme exemple classique d'évolution), au point de vue de l'atrophie graduelle des deuxième et quatrième doigts et de la prédominance définitive du troisième doigt dans la patte *solipède* du Cheval. Cependant Mme Pavlow, ainsi que MM. Schlosser et Weithofer, ont prouvé que ni le *Palæotherium* ni l'*Hipparion* (j'ajouterai volontiers ni l'*Anchitherium*) ne sauraient être compris dans la filiation directe du Cheval. Ce sont des rameaux distincts et parallèles, éteints sans laisser de rejetons, et dont

les relations hypothétiques ne pourront être retrouvées un jour qu'en remontant à des périodes beaucoup plus anciennes. L'observation géologique établit, du reste, d'une manière formelle qu'il n'existe aucun passage graduel entre ces genres; le dernier *Palæotherium* était éteint depuis longtemps, *sans se transformer*, lorsque est apparu le premier *Anchitherium*, et ce dernier avait à son tour disparu, *sans modification*, avant d'être brusquement remplacé par l'invasion des *Hipparion*. La *prétendue filiation* des Équidés est une apparence trompeuse, qui nous donne seulement le *procédé* général par lequel une patte tridactyle d'Ongulé peut se transformer, dans des groupes divers, en une patte monodactyle, en vue d'une adaptation à la course; mais elle ne nous éclaire nullement sur l'origine paléontologique des Chevaux.

La *filiation* des Ours a été l'objet, de la part de MM. Gaudry et Boule, d'une étude fondée sur le développement progressif des tuberculeuses et la réduction corrélative des prémolaires chez divers types de Carnassiers tertiaires. Cette filiation partirait des *Amphicyon* pour aboutir aux *Ursus* par l'intermédiaire de l'*Hemicyon* du Miocène moyen, des *Hyænarctos* du Miocène supérieur et du Pliocène, et enfin de l'*Œluropus* actuel. Cette série, assez bien ordonnée au point de vue spécial de l'augmentation de grandeur et de surface des tuberculeuses, me paraît inexacte, en tant que *filiation naturelle*. Il suffira, pour le démontrer jusqu'à l'évidence, de constater qu'il existe, dès le Miocène moyen, de petits Carnassiers qui présentent déjà, dans leur structure dentaire et ostéologique, sauf la taille, presque tous les caractères des véritables Ours. M. Schlosser a donné avec raison le nom d'*Ursavus* à ces Ours en miniature, dont une espèce (*U. Depereti* Schl.) existe dans le Miocène supérieur de Souabe et du Bas-Dauphiné, et dont l'un de mes élèves, M. Gaillard, a fait connaître une forme plus petite (*U. primævus*) dans le Miocène moyen de La Grive-Saint-Alban. Ces faits laissent prévoir la découverte d'*Ursavus* encore plus minuscules dans le Miocène inférieur et l'Oligocène. MM. Gaudry et Boule ont donc étudié seulement divers degrés d'adaptation des dents tuberculeuses à un régime omnivore chez plusieurs groupes de Carnassiers; ils ne me paraissent point avoir élucidé l'origine réelle du groupe des Ours.

Il devient maintenant facile, grâce à ces exemples, de préciser, au point de vue des principes généraux de l'évolution, les genres d'erreur auxquels peut donner lieu l'emploi de la méthode précitée :

1° *Établissement de filiations artificielles*, faisant descendre les uns des autres des genres qui n'ont entre eux aucun *lien généalogique réel*. Un cri-

térium formel de ces filiations inexactes est l'*absence totale de formes de passage* entre les genres faussement groupés. Et il ne suffit nullement de plaider, comme on l'a fait souvent depuis Darwin, l'insuffisance des documents paléontologiques. Les formes de passage entre ces genres, non seulement n'existent pas, mais *ne peuvent pas avoir existé*, puisqu'il s'agit de rameaux distincts et parallèles, ayant eu chacun une évolution et une histoire indépendantes.

2° *Durée trop courte attribuée à l'évolution des groupes.* — Cette allure rapide, qui transformerait un *Palæotherium* en un Cheval depuis l'Oligocène, un *Amphicyon* en un Ours depuis le Miocène moyen, ne répond pas à la réalité des faits. J'essaierai de montrer que les *rameaux phylétiques naturels* sont extrêmement longs et se poursuivent parallèlement sans se souder presque jusqu'au début des temps tertiaires, et peut-être même beaucoup plus loin.

La méthode à laquelle j'ai été conduit [1] repose sur les principes généraux suivants :

1. Chaque famille et même chaque grand genre de Mammifères fossiles forme, non pas une série unique, mais un faisceau multiple de *rameaux phylétiques* ayant évolué parallèlement pendant une longue durée des temps géologiques.

2. La constitution exacte et *réelle* de ces rameaux doit se faire pas à pas et sans lacunes, d'étage en étage et même de sous-étage en sous-étage, en utilisant, non pas un organe isolé, mais l'ensemble de l'organisation (molaires, canine, incisives, caractères craniens et squelettiques).

3. Cette reconstitution est grandement facilitée par une *loi des plus générales* en Paléontologie : la loi de l'augmentation progressive de grandeur des espèces d'un même rameau en allant des formes les plus anciennes vers les plus jeunes qui deviennent souvent *géantes*.

4. Ces formes géantes qui terminent chaque rameau sont condamnées à un *arrêt d'évolution* et s'éteignent sans laisser de descendants.

5. La majeure partie des rameaux phylétiques se terminent brusquement à leur partie supérieure par l'extinction totale du rameau. Un petit nombre seulement a eu la sève nécessaire pour se poursuivre jusqu'aux espèces actuelles.

6. A leur partie inférieure, les rameaux phylétiques peuvent se suivre

---

[1] M. le Dr Stehlin de Bâle a suivi des principes semblables dans ses beaux travaux qui font suite aux remarquables Mémoires de son maître Rütimeyer.

plus ou moins longtemps, mais s'arrêtent presque toujours aussi d'une manière brusque, ou plutôt ils semblent s'arrêter, parce que l'observateur se trouve en présence d'un *hiatus*, dû à une émigration lointaine du groupe considéré. L'évolution des rameaux se présente ainsi comme une ligne brisée dont les différents fragments sont empruntés à des *centres géographiques* parfois fort éloignés et souvent même inconnus.

7. La convergence ou la soudure des rameaux entre eux ne peut être observée que *très exceptionnellement*. Elle a dû avoir lieu à des époques géologiques très reculées (tertiaire inférieure ou époque secondaire), pour lesquelles les documents d'observation sont très incomplets ou même tout à fait absents.

Je me propose de démontrer prochainement la valeur de ces principes, en les appliquant à la reconstitution de l'histoire géologique de quelques groupes de Mammifères tertiaires, et je commencerai cette étude par l'importante famille des *Anthracothéridés*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Observations magnétiques à Tananarive.* Note du R. P. Colin.

Comme les années précédentes, j'ai déterminé toutes les semaines les valeurs absolues des trois éléments magnétiques, à l'observatoire de Tananarive, avec les instruments de Brunner. La série de douze mois que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie correspond à l'année météorologique sous nos latitudes; elle commence avec la saison sèche, depuis mai jusqu'à octobre, et se termine avec la saison pluvieuse, depuis novembre jusqu'à avril inclusivement.

Voici les résultats obtenus :

Mesures absolues de la déclinaison, en 1904 *et* 1905.

Dates.	Heures.		Déclinaison NW.		Dates.	Heures.		Déclinaison NW.	
	h m	h m	° ′ ″			h m	h m	° ′ ″	
Mai 6...	11.20 à	11.34	10. 1.56	Moy. : 9°59′39″	Juill. 1...	11.20	11.33	9.59.15	Moy. : 9°57′24″
13...	11. 8	11.20	9.56.45		8...	11.25	11.40	10. 0.30	
20...	11.15	11.30	10. 0. 0		14...	15.10	15.27	9.54.22	
27...	11.40	11.50	9.59.56		21...	14. 0	14.19	9.53.52	
Juin 3...	11.40	11.49	10. 1. 4	Moy. : 9°59′36″	29...	11.25	11.45	9.59. 4	
10...	11.25	11.40	10. 0.45		Août 5...	11.43	11.55	9.59.73	Moy. : 9°59′59″
17...	11.25	11.40	10. 0. 7		12...	11.35	11.50	10. 0. 0	
24...	13.45	13.55	9.56.30		19...	11.40	11.54	9.59.49	
					26...	11.10	11.22	10. 0.30	

Dates.	Heures.		Déclinaison NW.	
	h m	h m	° ′ ″	
Sept. 2...	11.45	11.55	9.59. 0	Moy. : 9°59′27″
9...	11.40	11.52	9.59.15	
16...	12. 5	12.20	9.59.22	
24...	9. 0	9.17	10. 0.12	
Oct. 1...	9. 0	9.20	9.57.52	Moy. : 9°56′54″
8...	12. 0	12.15	10. 0.41	
15...	9.20	9.40	9.58.52	
22...	11.57	12.12	9.51.29	
29...	11.28	11.40	9.55.38	
Nov. 5...	9.35 à	9.49	9.55.50	Moy. : 9°52′7″
11...	12. 5	12.20	9.47. 4	
19...	11.20	11.32	9.51.46	
25...	11. 0	11.13	9.50.52	
29...	8.22	8.35	9.55. 7	
Déc. 9...	12.54	13. 5	9.49. 0	Moy. : 9°50′12″
13...	13.25	13.40	9.47.56	
23...	11.35	11.49	9.50.26	
30...	11.42	11.55	9.53.26	
Janv. 6...	11.35	11.48	9.50.52	Moy. : 9°52′13″
13...	11.25	11.36	9.53.22	
20...	11.55	12.10	9.48.26	
27...	11.25	11.41	9.53.15	
Févr. 3...	11.30	11.43	9.47.52	Moy. : 9°49′56″
10...	11.25	11.39	9.50.56	
17...	11.35	11.48	9.49.37	
24...	11.36	11.50	9.51.22	
Mars 3...	11.30	11.42	9.49.56	Moy. : 9°50′47″
10...	11.37	11.52	9.54.26	
17...	11.45	12. 0	9.51. 7	
24...	11.37	11.50	9.49. 7	
31...	11.35	11.52	9.49.19	
Avril 7...	11.35	11.50	9.50.34	Moy. : 9°50′11″
14...	12.15	12.29	9.50.26	
18...	11.20	11.34	9.50.23	
28...	11.35	11.47	9.49.22	

Mesures absolues de l'inclinaison, en 1904 *et* 1905.

Dates.	Heures.		Inclinaison.	
	h m	h m	° ′ ″	
Mai 7...	11.25 à	11.53	54. 2.18	Moy. : 54°5′22″
14...	11.20	11.47	54. 0.41	
21...	11.30	12. 0	54. 4.56	
28...	11.20	11.55	54.13.36	
Juin 4...	11.36	12.35	54.10.54	Moy. : 54°6′15″
11...	11.25	12. 0	54. 3.30	
18...	11.23	11.56	54. 5.42	
25...	11.40	12.15	54. 4.54	
Juill. 2...	11.25	11.55	54. 7.40	Moy. : 54°4′21″
9...	11.35	12.10	54. 6.12	
16...	11.20	11.55	54. 3. 7	
22...	11.20	11.52	54. 4.22	
30...	11.47	12.20	54. 0.26	
Août 6...	11.45	12.20	54. 8.55	Moy. : 54°7′27″
13...	11.35	12. 8	54. 5.58	
20...	11.15	11.45	54. 8.22	
27...	11.47	12.20	54. 6.36	
Sept. 3...	11.35	12.10	54. 5.36	Moy. : 54°3′54″
10...	11.36	12. 8	54. 1.22	
17...	13.30	14. 0	54. 1.23	
24...	11.40	12.20	54. 7.15	
Oct. 1...	11.50	12.25	54.12.13	Moy. : 54°8′38″
8...	14.30	15. 0	54.13.17	
15...	11.55	12.25	54. 8.21	
22...	14.58	15.22	54. 0.43	
Nov. 5...	13.14 à	13.42	54. 1. 4	Moy. : 54°4′10″
12...	11.33	12. 5	54. 9.31	
18...	11.20	11.55	54.14.37	
26...	11.19	11.50	54. 2.52	
29...	12.27	12.50	53.53. 6	
Déc. 9...	13.55	14.25	54.11. 5	Moy. : 54°9′4″
17...	12.47	13.15	54. 3.11	
24...	11.32	12. 7	54. 8.17	
31...	11.19	11.50	54.13.45	
Janv. 7...	11.20	11.55	54.15.13	Moy. : 54°12′21″
14...	11.47	12.18	54. 2.45	
21...	11.30	12. 0	54.15. 6	
28...	11.32	11.58	54.16.22	
Fév. 4...	11.35	12. 0	54. 7. 7	Moy. : 54°7′57″
11...	11.40	12. 7	54. 7.28	
18...	11.45	12.13	54. 8.23	
25...	11.40	12.10	54. 8.51	

Dates.	Heures.		Inclinaison.	
	h m	h m	° ′ ″	
Mars 4...	11.40	12.30	54. 6. 5	Moy. : 54°9′51″
11...	11.45	12.20	54. 3. 6	
18...	11.48	12.15	54.14.18	
25...	11.37	12. 7	54.16. 8	

Dates.	Heures.		Inclinaison.	
	h m	h m	° ′ ″	
Avril 1...	11.40	12.15	54.12.50	Moy. : 54°6′27″
8...	11.45	12.15	54. 6. 8	
15...	11.43	12.10	54.11. 4	
19...	11.30	11.55	53.54.26	
29...	11.25	11.50	54. 7.48	

Mesures absolues de la composante horizontale, en 1904 *et* 1905.

Dates.	Heures.		Composante horizontale.	
	h m	h m		
Mai 6...	11.34 à	12. 5	0,25522	Moy. : 0,25547
13...	11.21	11.50	0,25535	
20...	11.31	12. 3	0,25534	
28...	11.51	12.24	0,25597	
Juin 3...	11.49	12.25	0,25504	Moy. : 0,25538
10...	11.41	12.13	0,25514	
17...	11.42	12.15	0,25554	
24...	13.56	14.29	0,25581	
Juill. 1...	11.33	12. 6	0,25543	Moy. : 0,25561
8...	11.40	12.12	0,25546	
14...	15.27	16. 9	0,25482	
21...	14.19	14.51	0,25637	
29...	11.45	12.18	0,25598	
Août 5...	11.57	12.31	0,25541	Moy. : 0,25551
12...	11.50	12.22	0,25561	
19...	11.54	12.24	0,25557	
26...	11.22	11.52	0,25547	
Sept. 2...	11.56	12.27	0,25520	Moy. : 0,25543
9...	11.53	12.27	0,25532	
16...	12.22	12.54	0,25552	
24...	9.18	9.54	0,25570	
Oct. 1...	9.21	9.50	0,25562	Moy. : 0,25548
8...	12.17	12.49	0,25582	
15...	9.40	10. 9	0,25557	
22...	12.12	12.47	0,25586	
29...	11.41	12.13	0,25456	

Dates.	Heures.		Composante horizontale.	
	h m	h m		
Nov. 5...	9.49 à	10.20	0,25528	Moy. : 0,25581
11...	12.21	12.52	0,25667	
19...	11.33	12. 2	0,25558	
25...	11.13	11.42	0,25593	
29...	8.38	9. 6	0,25561	
Déc. 9...	13. 6	13.44	0,25617	Moy. : 0,25573
13...	13.41	14. 9	0,25597	
23...	11.50	12.21	0,25554	
30...	11.55	12.27	0,25525	
Janv. 6...	11.48	12.20	0,25480	Moy. : 0,25512
13...	11.36	12. 6	0,25566	
20...	12.10	12.41	0,25522	
27...	11.42	12.15	0,25480	
Fév. 3...	11.43	12.14	0,25553	Moy. : 0,25529
10...	11.39	12. 6	0,25523	
17...	11.49	12.16	0,25554	
24...	12.22	12.53	0,25489	
Mars 3...	11.42	12.24	0,25517	Moy. : 0,25511
10...	11.52	12.25	0,25472	
17...	12. 0	12.24	0,25511	
24...	11.50	12.16	0,25542	
31...	12.14	12.44	0,25516	
Avril 7...	12.15	12.44	0,25483	Moy. : 0,25519
14...	12.29	12.58	0,25525	
18...	11.34	12. 9	0,25534	
28...	11.48	12.18	0,25534	

On déduit de ces observations, qu'à Tananarive, depuis le mois de mai 1904 jusqu'en avril 1905 : 1° la déclinaison a diminué de 7′32″; un maximum a eu lieu au mois d'août, un minimum en février; 2° l'inclinaison a augmenté de 1′5″; un maximum s'est produit en janvier, un minimum en septembre; 3° la composante horizontale a diminué de 0,00028; elle a éprouvé un maximum en novembre, un minimum en mars.

M. Emile Picard fait hommage à l'Académie du Tome I des *Œuvres de Charles Hermite,* qu'il publie sous les auspices de l'Académie des Sciences.

M. Poincaré fait hommage à l'Académie de son Volume intitulé : *La valeur de la Science,* qui fait suite à l'Ouvrage qui porte pour titre : *La Science et l'Hypothèse.*

M. Gaston Bonnier fait hommage à l'Académie du fascicule IV du *Cours de Botanique* qu'il publie en collaboration avec M. *Leclerc du Sablon.* Ce fascicule, qui termine le Volume des Phanérogames, renferme toutes les familles de Monocotylédones, l'historique de la classification des Angiospermes, la morphologie et l'anatomie des Gymnospermes, les familles de Gymnospermes, la comparaison entre les Angiospermes et les Gymnospermes, l'historique de la morphologie et de la classification des Gymnospermes.

S. A. S. le Prince de Monaco fait hommage à l'Académie d'une *Carte générale bathymétrique des océans,* dressée par ordre de S. A. S. le Prince de Monaco, d'après le Mémoire de M. le professeur Thoulet, sous la direction de M. Charles Sauerwein, par M. Tollemer et plusieurs collaborateurs.

Cette Carte comprend 24 feuilles au $\frac{1}{10\,000\,000}$ et 1 feuille d'assemblage.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de candidats à la Chaire de chaux, ciments, céramique et verrerie du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Pour l'élection du candidat à présenter en première ligne :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 54,

M. Verneuil obtient.	41 suffrages
M. Damour »	11 »

Il y a 2 bulletins blancs.

Pour l'élection du candidat à présenter en deuxième ligne :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 46,

M. Damour	obtient	39	suffrages
M. Rosenstiehl	»	4	»
M. Granger	»	2	»
M. Prud'homme	»	1	»

Pour l'élection du candidat à présenter en troisième ligne :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

M. Granger	obtient	36	suffrages
M. Rosenstiehl	»	1	»
M. Damour	»	1	»

Il y a 2 bulletins blancs ou nuls.

En conséquence, l'Académie proposera à M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, la liste suivante :

En première ligne	M. **Verneuil**.
En deuxième ligne.	M. **Damour**.
En troisième ligne	M. **Granger**.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de candidats à la Chaire de matières colorantes, blanchiment, teinture, impression et apprêt du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Pour l'élection du candidat à présenter en première ligne :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 45,

M. Rosenstiehl	obtient.	32	suffrages
M. Prud'homme	»	9	»
M. Lemoult	»	2	»

Il y a 2 bulletins blancs.

Pour l'élection du candidat à présenter en deuxième ligne :

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 36,

M. Prud'homme	obtient.	25	suffrages
M. Lemoult	»	9	»

Il y a 2 bulletins blancs.

Pour l'élection du candidat à présenter en troisième ligne :
Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 28,

M. Lemoult obtient . . . . 22 suffrages

Il y a 6 bulletins blancs.

En conséquence, l'Académie proposera à M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Rosenstiehl.**
En deuxième ligne . . . . M. **Prud'homme.**
En troisième ligne . . . . M. **Lemoult.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Les fours électriques et leurs applications industrielles, par Jean Escard. Préface de Henri Moissan. (Présenté par M. H. Moissan.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Principes de Géométrie anallagmatique et de Géométrie réglée intrinsèques*. Note de M. A. **Demoulin**.

J'appelle *Géométrie anallagmatique* la partie de la Géométrie où l'on étudie les figures dont les propriétés ne sont pas altérées par les transformations du groupe conforme.

On peut se proposer de constituer, en Géométrie anallagmatique, une théorie analogue à celle du trièdre mobile, en Géométrie euclidienne, et à celle du tétraèdre mobile, en Géométrie cayleyenne (voir, dans les *Comptes rendus*, notre Note du 8 août 1904). Les propriétés des coordonnées pentasphériques conduisent alors à prendre comme figure de référence mobile un système de cinq sphères deux à deux orthogonales.

Voici comment j'ai développé cette idée, l'hiver dernier, dans mon enseignement à l'Université de Gand.

Soit Σ_f un système fixe formé de cinq sphères deux à deux orthogonales. C'est la figure de référence relative à un système de coordonnées pentasphériques $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$. Soit, d'autre part, Σ_m un système mobile

dépendant d'un paramètre u et formé également de cinq sphères deux à deux orthogonales S_α, S_β, S_γ, S_δ, S_ε. Nous définirons ces sphères par les équations

$$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + \alpha_5 X_5 = 0,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,$$
$$\varepsilon_1 X_1 + \varepsilon_2 X_2 + \varepsilon_3 X_3 + \varepsilon_4 X_4 + \varepsilon_5 X_5 = 0,$$

et nous poserons

$$S\alpha_i^2 = \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \alpha_4^2 + \alpha_5^2 = 1,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,$$
$$S\varepsilon_i^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2 + \varepsilon_5^2 = 1.$$

$(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \varepsilon_1)$, ..., $(\alpha_5, \beta_5, \gamma_5, \delta_5, \varepsilon_5)$ sont cinq solutions du système suivant d'équations aux inconnues α, β, γ, δ, ε :

$$\begin{aligned}
\frac{d\alpha}{du} &= \phantom{-r\alpha + {}} r\beta - q\gamma - \xi\delta - \lambda\varepsilon,\\
\frac{d\beta}{du} &= -r\alpha \phantom{{}- r\beta} + p\gamma - \eta\delta - \mu\varepsilon,\\
\frac{d\gamma}{du} &= q\alpha - p\beta \phantom{{}+p\gamma} - \zeta\delta - \nu\varepsilon,\\
\frac{d\delta}{du} &= \xi\alpha + \eta\beta + \zeta\gamma \phantom{{}-\zeta\delta} - \sigma\varepsilon,\\
\frac{d\varepsilon}{du} &= \lambda\alpha + \mu\beta + \nu\gamma + \sigma\delta,
\end{aligned}$$

où l'on a posé

$$p = S\gamma_i \frac{d\beta_i}{du}, \qquad q = S\alpha_i \frac{d\gamma_i}{du}, \qquad r = S\beta_i \frac{d\alpha_i}{du},$$
$$\xi = S\alpha_i \frac{d\delta_i}{du}, \qquad \eta = S\beta_i \frac{d\delta_i}{du}, \qquad \zeta = S\gamma_i \frac{d\delta_i}{du},$$
$$\lambda = S\alpha_i \frac{d\varepsilon_i}{du}, \qquad \mu = S\beta_i \frac{d\varepsilon_i}{du}, \qquad \nu = S\gamma_i \frac{d\varepsilon_i}{du}, \qquad \sigma = S\delta_i \frac{d\varepsilon_i}{du}.$$

Les dix quantités $p, q, r, \xi, \eta, \zeta, \lambda, \mu, \nu, \sigma$ peuvent être appelées les *vitesses* du système Σ_m.

Réciproquement, étant données dix fonctions de u, il existe un système Σ_m dont ces fonctions sont les vitesses et qui, pour $u = u_0$, coïncide avec un système Σ_m^0 formé de cinq sphères, deux à deux orthogonales, et arbitrairement choisi. Tous les mouvements de Σ_m qui correspondent aux divers choix possibles de Σ_m^0 se déduisent de l'un d'eux au moyen des ∞^{10} transformations du groupe conforme.

Cela posé, envisageons, en même temps que le système mobile Σ_m, un point M, mobile ou fixe, et soient, à l'*instant u*, $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ ses coordonnées pentasphériques prises par rapport au système Σ_m (¹). A l'instant $u + \Delta u$, le point M occupera une nouvelle position M′ dont les coordonnées, *prises par rapport au même système* Σ_m, pourront s'écrire

$$x_1 + V_{x_1}\Delta u + J_{x_1}\frac{\Delta u^2}{2} + \ldots, \quad \ldots$$

Il s'agit d'exprimer en fonction de $x_1, \ldots, x_5$ et de leurs dérivées par rapport à u les quantités $(V_{x_1}, \ldots, V_{x_5})$, $(J_{x_1}, \ldots, J_{x_5})$, ...

Or, on a

$$\text{(A)} \quad \left\{ \begin{aligned} V_{x_1} &= \lambda x_5 + \xi x_4 + q x_3 - r x_2 + \frac{dx_1}{du}, \\ V_{x_2} &= \mu x_5 + \eta x_4 + r x_1 - p x_3 + \frac{dx_2}{du}, \\ V_{x_3} &= \nu x_5 + \zeta x_4 + p x_2 - q x_1 + \frac{dx_3}{du}, \\ V_{x_4} &= \sigma x_5 - \xi x_1 - \eta x_2 - \zeta x_3 + \frac{dx_4}{du}, \\ V_{x_5} &= -\lambda x_1 - \mu x_2 - \nu x_3 - \sigma x_4 + \frac{dx_5}{du}, \end{aligned} \right.$$

et des formules analogues pour $(J_{x_1}, \ldots, J_{x_5})$, ...

L'étude des déplacements à 2, 3, ..., 8, 9 paramètres ne présente aucune difficulté. Supposons, par exemple, que le système Σ_m dépende de deux paramètres u et v. Lorsque u variera seul, il admettra les vitesses $p, q, r, \xi, \eta, \zeta, \lambda, \mu, \nu, \sigma$ et, lorsque v variera seul, les vitesses $p_1, q_1, r_1, \xi_1, \eta_1, \zeta_1, \lambda_1, \mu_1, \nu_1, \sigma_1$. Ces vingt vitesses sont liées par dix relations qu'il est inutile d'écrire ici. Réciproquement, si ces relations sont vérifiées, il existera ∞^{10} mouvements pour lesquels les vitesses seront les vingt fonctions considérées.

Quant aux formules qui donnent le déplacement absolu d'un point de coordonnées relatives $(x_1, \ldots, x_5)$, on les déduira des formules (A).

J'espère avoir bientôt l'honneur d'indiquer les résultats que j'ai obtenus en appliquant la théorie générale exposée ici à l'étude des surfaces et des

---

(¹) Les coordonnées *relatives* $(x_1, \ldots, x_5)$ sont liées aux coordonnées *absolues* $(X_1, \ldots, X_5)$ par des relations telles que la suivante :

$$x_1 = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + \alpha_5 X_5.$$

enveloppes de sphères dont les deux nappes se correspondent avec conservation des lignes de courbure ou avec conservation des angles.

Après les développements qui précèdent, quelques mots suffiront pour caractériser la Géométrie réglée intrinsèque. Adoptant, pour définir une droite, les coordonnées de M. Klein, on prendra comme figure de référence fixe le système formé par six complexes linéaires deux à deux en involution et l'on rapportera les figures étudiées à une figure de référence mobile également formée de six complexes linéaires deux à deux en involution. Les formules que l'on obtiendra sont identiques à celles de la Géométrie anallagmatique de l'espace à quatre dimensions, à celles de la Géométrie cayleyenne de l'espace à cinq dimensions et enfin à celles qui sont relatives au mouvement autour d'un point fixe de la figure de l'espace à six dimensions formée de six droites issues de ce point et deux à deux orthogonales.

AÉRONAUTIQUE. — *Nouvelles expériences d'enlèvement de l'hélicoptère « M. Léger », au musée océanographique de Monaco.* Note de M. **Léger**.

Les expériences d'enlèvement de l'appareil [1] ont été continuées en augmentant progressivement le poids mort soulevé et les puissances données par le moteur, afin d'éprouver la résistance mécanique, de voir quelles parties céderaient les premières et d'en déduire le coefficient de sécurité pour la marche normale.

A cet effet, une seconde dynamo fut attelée à la première au moyen d'une courroie.

Dans une première expérience le poids mort fixé à l'appareil était de 50^{kg}. Sous une force de 10 chevaux, l'enlèvement a eu lieu si brusquement que les huit cordes qui retenaient l'appareil furent rompues d'un seul coup; chacune de ces cordes était cependant capable de porter un homme sans se rompre; la rupture des huit cordes eut lieu par traction simple, mais il faut tenir compte de ce fait qu'elles étaient attelées en biais et qu'il y a eu choc, l'appareil étant violemment projeté en l'air lorsque les cordes se sont tendues.

L'appareil ayant brisé ses amarres, son élan continua et s'arrêta seulement lorsqu'il fut maintenu par l'arbre qui se reliait à la dynamo et qui fut

---

[1] *Comptes rendus*, 15 mai 1905, p. 1311.

tordu. Le courant avait été interrompu dès que la rupture des cordes s'était produite.

L'appareil fut remis en expérience et fixé par des amarres plus fortes ; les poids furent augmentés et l'on arriva ainsi jusqu'à enlever 100^{kg} de poids mort avec une force qu'il a été malheureusement impossible de mesurer exactement, mais qui fut certainement inférieure à 15 chevaux ; on peut l'évaluer à 12 chevaux.

Ces 100^{kg} étaient ainsi constitués : le Dr Richard, Directeur du Musée océanographique, qui avait pris place sur une planchette fixée à l'appareil au moyen de deux cordes. Le Dr Richard pèse 74^{kg}; il fut enlevé trois fois, la dernière avec 26^{kg} de poids en plomb dont une partie était attachée aux pieds de l'appareil et le reste placé dans les poches du docteur.

Dès que les hélices ont tourné, l'appareil a fait un bond vertical, enlevant toute sa charge si brusquement que l'on a craint une nouvelle rupture des cordes le fixant au sol, et le courant fut interrompu aussitôt.

L'aisance avec laquelle s'est enlevé l'appareil prouve qu'il aurait pu soulever un poids plus grand encore avec la force qui lui était fournie.

La vitesse de rotation était de 60 tours par minute.

A la suite de l'essai, j'ai constaté des déformations dans les arbres des hélices. Ces arbres sont constitués par des tubes d'acier de 5^{cm} à 6^{cm} de diamètre et de $1^{mm},5$ d'épaisseur. L'incident ayant également faussé le train d'engrenages, il a été impossible de continuer l'expérience.

On notera que ces déformations proviennent d'efforts latéraux sur les engrenages et que, dans l'appareil définitif, ces efforts s'équilibrant deux à deux, le même accident n'est pas à craindre.

Les hélices n'ont subi aucune avarie et n'ont pas semblé souffrir de l'effort qu'elles ont supporté.

On peut donc dire que l'appareil a soulevé un homme de 74^{kg} avec le poids représentatif du moteur nécessaire et la provision d'essence pour une marche de 1 heure.

Au point de vue du coefficient de sécurité, on voit qu'il est franchement supérieur à 2, lorsque l'appareil fonctionne avec 6^{chx} et chargé de 25^{kg} de poids mort, ce qui correspond à la marche normale du grand appareil.

Enfin, voici ce que donnent ces chiffres reportés au grand appareil :

100^{kg} de poids mort enlevé par le petit appareil correspondent à 800^{kg} pour le grand.

Sur ces 800^{kg} il faut prendre :

	kg
Moteur de 100^{chx}, y compris la provision d'essence nécessaire à une marche de 1 heure	200
Voyageur	75
Reste disponible	525
Total	800

Ces 525kg pourront servir à obtenir des vitesses horizontales plus grandes ou bien à emporter d'autres voyageurs ou du combustible pour une marche de plus longue durée.

En tout cas, ce chiffre est assez considérable pour montrer que le projet comporte une marge suffisante pour donner toutes les conditions de sécurité et de bon fonctionnement désirables.

HYDRAULIQUE. — *Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse des conduites d'eau sous pression.* Note de M. **H. Bellet**, présentée par M. Boussinesq.

Pour pouvoir déterminer le rendement d'un moteur hydraulique alimenté par une conduite forcée, il est nécessaire de pouvoir mesurer aussi exactement que possible le débit de cette conduite.

Voici un nouveau dispositif qui, adapté au tube de Pitot-Darcy, permet de mesurer la vitesse avec une très grande approximation. Il est basé sur le même principe que l'appareil enregistreur dont M. Mesnager a entretenu l'Académie dans sa Note du 11 janvier 1904; mais il est plus sensible, car il peut déceler une différence de pression pouvant être inférieure à $\frac{1}{10}$ de millimètre d'eau. Il consiste à relier l'un des ajutages du Pitot-Darcy à l'une des branches d'un tube en U, non capillaire, dans lequel on a préalablement versé un liquide A, non miscible à l'eau et un peu plus dense que celle-ci, et à relier l'autre ajutage à l'autre branche de l'U, de manière à constituer un circuit complètement fermé.

Lorsque l'eau de la conduite est animée d'une certaine vitesse, la pression n'étant pas la même dans les deux ajutages, il se produit, dans les deux branches du tube en U, une dénivellation des surfaces de contact de l'eau et du liquide A. Si l'on désigne par d la densité par rapport à l'eau du liquide A, et par h la hauteur de la dénivellation produite, la relation qui donne la vitesse v en fonction de h est

$$k\frac{v^2}{2g} = h(d-1),$$

k étant le coefficient pratique du Pitot-Darcy. Ce coefficient est d'ailleurs très voisin de l'unité.

On voit immédiatement que la sensibilité du manomètre pourra être très grande, et qu'elle le sera d'autant plus que la densité du liquide A sera elle-même plus voisine de l'unité.

Au lieu d'employer un liquide plus dense que l'eau, on peut également employer un liquide moins dense. Il suffit simplement de renverser le tube en U.

Le liquide employé A doit être non miscible à l'eau et insoluble dans celle-ci. Il ne doit pas mouiller le verre et, pour faciliter les lectures, il doit être coloré, ou bien il doit dissoudre une matière colorante insoluble dans l'eau. Tels sont, par exemple, le sulfure de carbone ($d = 1,27$ environ), le tétrachlorure de carbone ($d = 1,64$ environ), la benzine ($d = 0,85$ environ), les huiles de pétrole, etc.

Le sulfure de carbone, notamment, donne de bons résultats. Sa densité est voisine de 1,27 et l'on peut facilement le colorer avec l'iode, qui est insoluble dans l'eau en présence du sulfure. La séparation du sulfure d'avec l'eau se fait suivant un ménisque très marqué et elle est très nette.

Les vitesses employées dans les conduites d'eau sont généralement comprises entre 1^m et 3^m par seconde. Or la mesure de la dénivellation peut se faire à 1^{mm} près; ce qui, pour une vitesse de 1^m, correspond à une erreur sur la vitesse de 3^{mm} seulement, de sorte que cette vitesse peut être estimée, abstraction faite du coefficient k du Pitot-Darcy, avec une approximation atteignant 0,3 pour 100.

Lorsqu'on soumettra l'appareil à des pressions différentes, la densité du liquide A pourra varier légèrement; mais, sans déterminer exactement la valeur de cette densité, non plus que celle du coefficient k, il suffira de tarer préalablement l'appareil en laboratoire, pour un liquide donné, et de dresser une Table correspondante, pour avoir tous les éléments nécessaires à une mesure.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques de l'élément simple de la pyrrhotine.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré qu'un cristal de pyrrothine est formé par l'association de trois cristaux élémentaires, juxtaposés sous des angles de 120° et établi comment on peut atteindre les lois expérimentales de l'élément constituant de ce groupement.

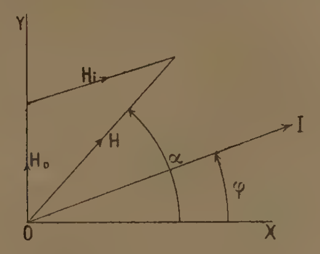
Soit, pour cet élément, OX la direction de facile aimantation, OY celle de difficile aimantation dans le plan magnétique XOY. Supposons la gran-

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXL, 15 mai 1905, p. 1332.

deur et la direction du champ et de l'aimantation correspondante caractérisées par H et α, I et φ. Nous faisons ici abstraction de l'hystérèse. Décomposons H en H_D dirigé suivant OY et H_I dirigé parallèlement à I. Le


Fig. 1.



rapport $\frac{H_D}{I \sin\varphi} = N$ est constant quels que soient H et α. *Tout se passe donc comme si la substance annulait, par un phénomène démagnétisant dû à sa structure, une composante du champ proportionnelle à la composante de l'aimantation dans la direction de difficile aimantation et si ensuite la composante restante était parallèle à l'aimantation.*

Ceci posé, on sait que le travail effectué par le champ quand l'extrémité du vecteur I se déplace de dI et de $I\,d\varphi$ est

$$dT = H\cos(\alpha - \varphi)\,dI + HI\sin(\alpha - \varphi)\,d\varphi.$$

dT est différentielle exacte et peut s'écrire, en mettant en évidence le travail des deux composantes H_I et H_D,

$$dT = H_I\,dI + NI\sin\varphi\,d(I\sin\varphi).$$

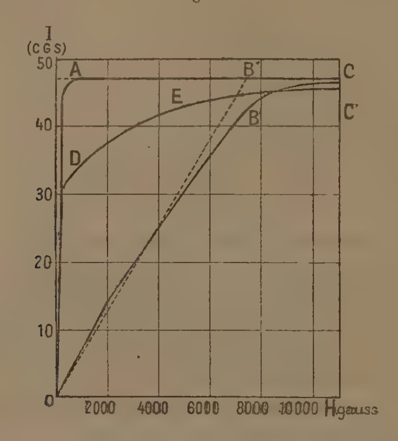
Le deuxième terme est aussi différentielle exacte, il en résulte que H_I n'est fonction que de I. *La loi de l'aimantation, déduction faite du champ démagnétisant, est donc la même dans tous les azimuts.*

Reste à indiquer cette loi pour un azimut particulier, par exemple pour la direction OX de facile aimantation. La courbe OABC (*fig.* 2), qui la représente, part de l'origine, avec une susceptibilité d'abord constante et égale à 0,43 qui conduirait à la saturation pour un champ de 110 gauss; mais, devenant concave du côté de l'axe des abscisses, elle n'atteint la saturation qu'à 700 gauss pour la conserver absolument constante jusqu'à 11 140 gauss.

Pour l'interprétation de cette courbe dans les champs faibles, il convient de tenir compte des phénomènes démagnétisants provenant des dimensions finies de l'objet : un disque taillé parallèlement au plan magnétique, de 9^{mm} de diamètre et de $0^{mm},75$

d'épaisseur. Par assimilation à un ellipsoïde, on trouve qu'une substance de susceptibilité infinie et de même forme n'aurait qu'une susceptibilité apparente de 1,5. A ce phénomène démagnétisant connu, il faut ajouter ceux qui proviennent de quelques petites cassures visibles, des discontinuités de la matière, même d'apparence homogène, qui se trahissent par les légères variations de la densité et par les impuretés dont l'analyse indique toujours la présence, et enfin du fait du groupement cristalllin.

Fig. 2.



Cette remarque, rapprochée du fait consistant dans l'obtention de la saturation *pour une valeur finie du champ,* montre que cette valeur est d'autant plus faible que l'expérience est plus correcte, et, comme rien n'indique pour cette valeur une limite inférieure, nous ferons l'hypothèse suivante :

Dans la direction de facile aimantation, l'intensité d'aimantation atteint la saturation dès les champs les plus faibles et la conserve jusqu'aux champs les plus élevés.

L'expérience donne autant de vérifications de l'isotropie après déduction du champ démagnétisant qu'il y a de directions φ pour lesquelles la loi d'aimantation a été déterminée. J'ajoute dans la figure 2 la courbe OB'C' correspondant à OY. Si la matière était parfaitement continue et illimitée, elle devrait coïncider avec la ligne brisée OBC, tracée en donnant au point B une abscisse égale au champ démagnétisant maximum

$$NI_m = 7300 \text{ gauss}.$$

Il doit y avoir les mêmes différences d'abscisses entre OB'C' et la ligne brisée OBC qu'entre OA et l'axe des ordonnées. Ces premières différences

sont un peu plus grandes, pas assez cependant pour altérer le caractère de la courbe OB′C′.

Pour toute direction oblique sur les axes, la saturation est atteinte dès une valeur très petite du champ, mais la direction de l'aimantation coïncide au début avec OX. Lorsque le champ augmente en conservant une direction fixe, la direction de l'aimantation se rapproche de celle du champ, mais ne l'atteint que ponr $H = \infty$. La composante de l'aimantation dans la direction du champ part donc de $I \cos \alpha$ et tend asymptotiquement vers la saturation; la courbe ODE représente cette composante pour $\alpha = 45°$.

On conçoit aisément que les courbes d'aimantation des substances usuelles, qui sont des enchevêtrements de cristaux, résultent de la superposition de courbes, telles que OAC, OB′C′, ODE, dues aux phénomènes démagnétisants propres aux édifices cristallins et à ceux de la structure grossière de la matière.

CHIMIE. — *Sur une propriété des alliages étain-aluminium, bismuth-aluminium, magnésium-aluminium.* Note de M. H. Pécheux, présentée par M. J. Violle.

J'ai indiqué, en mai 1904 (*Comptes rendus,* t. CXXXVIII, nº 19) l'action de l'eau distillée (à traces de chlorure de sodium), à froid, sur les *alliages limés d'étain-aluminium :* la décomposition de l'eau est très manifeste.

Ayant recueilli une portion des gaz dans une petite cloche très étroite, je les avais soumis à l'action d'une solution de pyrogallol dans la potasse; ce liquide, à constante capillaire plus élevée que l'eau distillée, produisait un ménisque très accentué, me donnant l'apparence d'une absorption de gaz (oxygène), l'*erreur* due au ménisque étant de l'ordre de grandeur du volume de gaz recueilli ($\frac{1}{4}$ de centimètre cube environ).

J'ai pu, depuis cette époque, obtenir une plus grande quantité de gaz, recueilli dans une cloche à diamètre plus large; j'ai obtenu ainsi, avec un lingot limé de 2^{cm^3} de $SnAl^3$, 5^{cm^3} à 6^{cm^3} d'hydrogène au bout de 20 minutes; un alliage limé de bismuth-aluminium me fournissait plus d'hydrogène encore, dans le même temps; enfin les alliages limés $MgAl$ donnent lieu à un dégagement plus abondant encore; l'oxygène de l'eau oxydant l'*aluminium.*

Dans la solution de sulfate de cuivre (densité 1,1) les mêmes alliages fournissent une *décomposition plus active de l'eau,* en même temps qu'une décomposition du sulfate de cuivre (due au métal qui accompagne l'aluminium); l'alliage $BiAl$ à 75 pour 100 d'Al, fournit alors 15^{cm^3} d'hydrogène en 20 minutes, 3 fois plus que l'alliage $SnAl^3$, de volume égal; les alliages $MgAl$, dont les deux métaux sont réducteurs de l'eau, donnent une décomposition plus vive.

Les alliages ZnAl, PbAl, qui ne fournissent pas de décomposition avec l'eau pure, décomposent celle du sulfate de cuivre; l'eau de la solution de sulfate de zinc (densité 1,4), n'est décomposée, *lentement*, que par les mêmes alliages, et dans le même ordre.

L'ordre et l'activité de ces décompositions correspondent bien à l'exothermie des solutions employées : la *plus exothermique* (SO^4Zn) étant plus difficile à décomposer; la *moins exothermique* (SO^4Cu), la plus facile.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'oxygène sur le cæsium-ammonium.* Note de M. E. RENGADE, présentée par M. H. Moissan.

Lorsqu'on fait arriver de l'oxygène pur et sec au contact de cæsium-ammonium dissous dans un excès d'ammoniac liquéfié, à — 60°, on constate une absorption rapide du gaz, en même temps qu'il se produit un abondant précipité. Bientôt la coloration bleu foncé du métal ammonium disparaît, et il ne reste qu'un précipité blanc en suspension dans l'ammoniac.

En agitant celui-ci au contact d'un excès d'oxygène, on ne tarde pas à le voir se colorer en rouge, puis en brun foncé. La coloration diminue ensuite d'intensité, et finalement devient jaune serin. A ce moment l'absorption de l'oxygène est terminée. Ces phénomènes rappellent ceux observés par M. Joannis dans l'oxydation du potassammonium (1).

Si, une fois la décoloration du métal ammonium obtenue, on chasse l'excès d'ammoniac, et qu'on détermine l'augmentation de poids du tube à expérience, on trouve qu'elle correspond à très peu près à la quantité d'oxygène contenue dans le bioxyde Cs^2O^2. Cependant, si l'on n'a pas pris de précautions spéciales, le contenu du tube est loin d'être de l'oxyde pur : si on le chauffe vers 150° en un point, il se produit aussitôt une explosion et le tube se recouvre d'un enduit noir brillant de cæsium volatilisé. En même temps il se dégage de l'azote. Le même phénomène se produit si l'on essaie de décomposer par l'eau le contenu du tube. Il suffit même d'y laisser entrer un peu d'oxygène ou d'air secs. Enfin si l'on mesure l'oxygène absorbé pendant l'oxydation du métal ammonium, on trouve qu'il est loin de correspondre à l'augmentation de poids du tube, et que son volume est d'autant plus faible que l'on a mis plus de temps à effectuer cette oxydation. D'ailleurs il ne s'est pas dégagé sensiblement d'hydrogène. Il y a donc eu fixation des éléments de l'ammoniac.

Tous ces faits s'expliquent facilement en admettant que, dès que le bioxyde Cs^2O^2 s'est formé, il réagit sur l'excès de métal ammonium en donnant de l'amidure et de l'hy-

(1) JOANNIS, *Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 1370.

drate de cæsium suivant l'équation

$$Cs^2O^2 + 2NH^3Cs = 2CsOH + 2CsNH^2.$$

En sorte que, une fois l'excès d'ammoniac chassé, on se trouve en présence d'un mélange de $CsOH$, $CsNH^2$ et Cs^2O^2 : si l'on chauffe ce mélange, le bioxyde réagit sur l'amidure avec formation de cæsium métallique et dégagement d'azote

$$Cs^2O^2 + CsNH^2 = 2CsOH + Cs + N.$$

Si, au lieu de chauffer le tube, on y fait rentrer de l'oxygène, celui-ci oxyde une partie de l'amidure; il en résulte une forte élévation de température [1], suffisante pour provoquer l'explosion du reste du mélange. L'eau produira encore plus facilement le même phénomène.

On peut, d'ailleurs, mettre en évidence la formation de l'amidure lors de l'oxydation lente, en lavant à l'ammoniac liquéfié le produit de cette oxydation. Le liquide de lavage laisse, en s'évaporant, des cristaux d'amidure et la matière insoluble, mélange d'oxyde hydraté et de bioxyde, ne détonne plus quand on la chauffe et se dissout dans l'eau en donnant un peu d'eau oxygénée.

Dès lors, pour avoir l'oxyde Cs^2O^2 aussi pur que possible, il faudra mener très rapidement l'oxydation du métal ammonium; on y arrive en agitant la solution au contact d'un excès d'oxygène, que l'on enlève au moyen de la trompe dès que la décoloration se produit. La substance obtenue en opérant de cette manière, décomposée par l'eau et le noir de platine, donne une solution ne contenant que des traces d'ammoniaque et nn dégagement d'oxygène à peu près théorique (trouvé par milliatome de cæsium mis en œuvre, $5^{cm^3},46$ au lieu de $5^{cm^3},56$). Cet oxyde constitue un précipité assez volumineux, d'un blanc légèrement rosé, et cristallisé au microscope en petites aiguilles enchevêtrées. Chauffé, il fond, sans décomposition, en un liquide jaunâtre, se solidifiant par refroidissement en une masse blanche cristalline.

Cet oxyde, en suspension dans l'ammoniac, fixe facilement l'oxygène, en même temps que la couleur se fonce progressivement et devient brun chocolat. En s'arrêtant au maximum de coloration, on obtient un corps répondant à la formule Cs^2O^3. Il est bien moins volumineux que le précédent et se présente au microscope sous forme de petits losanges très nets. Chauffé, il noircit, puis fond en donnant un liquide noir cristallisant par refroidissement. Trouvé par milliatome de cæsium : oxygène absorbé, $16^{cm^3},2$ au lieu de $16^{cm^3},8$; oxygène actif, $10^{cm^3},43$ au lieu de $11^{cm^3},2$.

---

(1) E. Rengade, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1183.

Enfin, en continuant l'action de l'oxygène sur l'oxyde brun en présence d'ammoniac liquéfié, on finit, après une agitation prolongée, par obtenir un précipité jaune serin qui, observé au microscope, forme de petites aiguilles jaunes. La mesure de l'oxygène absorbé pendant sa formation ainsi que de celui qui se dégage au contact de l'eau et du noir de platine conduit à la formule Cs^2O^4. Il y a cependant des traces d'azotite et d'azotate de cæsium (et, par suite, d'oxyde hydraté) provenant de l'oxydation ultérieure de la petite quantité d'amidure formée pendant la décoloration du métal ammonium. (Résultats d'une expérience : augmentation de poids rapportée au métal, 23,93 au lieu de 24,06. Oxygène absorbé, par milliatome de cæsium, $22^{cm^3},26$ au lieu de $22^{cm^3},4$. Oxygène actif, $15^{cm^3},63$ au lieu de $16^{cm^3},8$.)

On a, bien entendu, un oxyde très impur et contenant une forte proportion d'azotite et d'azotate si l'on a opéré lentement l'oxydation du métal ammonium.

En résumé, l'oxydation *rapide* du cæsium ammonium dissous dans un excès d'ammoniac donne les oxydes Cs^2O^2 blanc rosé, Cs^2O^4 jaune, et un oxyde intermédiaire Cs^2O^3 brun foncé, tous trois en cristaux microscopiques. Si l'on ne donne accès à l'oxygène que peu à peu, de manière à retarder la décoloration du métal ammonium, celui-ci réagit sur le bioxyde formé en donnant de l'amidure et de l'hydrate de protoxyde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénols pyraniques*. Note de MM. **R. Fosse** et **A. Robyn**, présentée par M. A. Haller.

Des précédentes publications de l'un de nous [1] il résulte : que le bromure de dinaphtopyryle se copule avec les monophénols sodés pour donner une nouvelle classe de phénols monopyrylés, présentant la curieuse propriété d'être *insolubles dans les alcalis aqueux, solubles dans les alcalis alcooliques*. Cette anomalie de la fonction phénol est due à la présence de l'oxygène pyranique, dont la basicité sature l'acidité de l'hydroxyle. Il se forme une sorte de sel de l'oxygène que l'on peut représenter par l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$\begin{array}{l} CH\left\langle\begin{array}{l}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{array}\right\rangle O \\ | \qquad\qquad\qquad \| \\ R\text{———————}O - H, \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH\left\langle\begin{array}{l}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{array}\right\rangle O \\ | \qquad\qquad\qquad |\diagdown \\ R\text{———————}O \quad H. \end{array}$$

(1) R. Fosse, *Comptes rendus*, 23 novembre 1903, 1er février 1904.

Dans la présente Note, nous indiquerons les résultats de la copulation pyrylique de la résorcine, du pyrogallol et du diéthylméta-aminophénol.

I. Le bromure de dinaphtopyryle et le dinaphtopyranol peuvent réagir plusieurs fois sur une seule molécule de polyphénol. Nous avons ainsi obtenu : un diphénol dipyrylé, avec la résorcine; un triphénol tripyrylé, avec le pyrogallol. Dans ces phénols, *à chaque hydroxyle correspond* 1[at] *d'oxygène pyranique; ils sont insolubles dans les alcalis aqueux, solubles dans les alcalis alcooliques.*

Métadioxyphényl-bis-dinaphtopyryle :

$$O\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle CH-C^{6}H^{2}(OH)^{2}-CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O.$$

(HO et OH en méta sur le noyau benzénique.)

Insoluble dans les alcalis aqueux, soluble dans les alcalis alcooliques. Cristallise de sa solution dans l'éther acétique. Se décompose sans fondre.

Diacétate de dioxyphényl-bis-dinaphtopyryle :

$$\left[O\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle CH\right]^{2}=C^{6}H^{2}=(O.COCH^{3})^{2}.$$

Cet éther a été préparé par l'action de l'anhydride acétique sur le corps précédent. Il se présente en petits cristaux blancs, se décomposant sans fondre.

Trioxyphényl-tri-dinaphtopyryle :

$$\left[O\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle CH\right]^{3}\equiv C^{6}\equiv(OH)^{3}$$

(structure : noyau benzénique portant alternativement trois groupes $CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O$ et trois OH.)

L'addition d'une petite quantité de pyrogallol à une solution acétique de dinaphtopyranol produit une décoloration rapide et la formation de belles aiguilles incolores. Celles-ci, lavées à l'alcool, purifiées par plusieurs cristallisations dans l'éther acétique, analysées, répondent à la formule du pyrogallol tripyrylé. Il se décompose sans fondre, est insoluble dans les lessives alcalines, soluble dans les alcalis alcooliques.

Triacétate de trioxyphényltridinaphtopyryle :

$$(CH^{3}-CO^{2})^{3}\equiv C^{6}\equiv\left[CH\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^{6}\\C^{10}H^{6}\end{matrix}\right\rangle O\right]^{3}.$$

Beaux cristaux blancs, solubles dans le toluène, fondant vers 270°.

2. Dans la copulation avec la résorcine, nous avons pu obtenir, à côté du diphénol dipyrylé, le diphénol monopyrylé possédant *deux hydroxyles pour un seul atome d'oxygène pyranique, et la propriété de se dissoudre à froid dans les alcalis aqueux.*

Copulé avec 1^{mol} de bromure de pyryle, il engendre le diphénol dipyrylé indiqué plus haut, insoluble dans les alcalis aqueux, soluble dans les alcalis alcooliques.

Le métadioxyphényldinaphtopyryle

$$HO-C_6H_3(OH)-CH\langle{}^{C^{10}H^6}_{C^{10}H^6}\rangle O.$$

se décompose sans fondre au delà de 300° et est soluble dans les alcalis aqueux.

Diacétate de métadioxyphényldinaphtopyryle :

$$(CH^3CO^2)^2 = C^6H^3 - CH\langle{}^{C^{10}H^6}_{C^{10}H^6}\rangle O.$$

Cristaux blancs du toluène, fondant à 230°-231°.

3. Le bromure de dinaphtopyryle réagit deux fois sur 1^{mol} de diéthylméta-aminophénol pour produire un aminophénol dipyrylé, insoluble dans les acides et les alcalis aqueux, soluble dans les alcalis alcooliques.

Diéthylméta-aminophénol-bis-dinaphtopyryle :

$$O\langle{}^{C^{10}H^6}_{C^{10}H^6}\rangle CH - C_6H(N(C^2H^5)^2)(OH) - CH\langle{}^{C^{10}H^6}_{C^{10}H^6}\rangle O.$$

Petits cristaux se colorant légèrement en violet, fondant vers 250°-252°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau réactif de l'aconitine.* Note de M. **Eugenio Piñerũa Alvarez**, présentée par M. A. Ditte.

L'alcaloïde employé pour l'étude a été l'aconitine pure et cristallisée *Gehe* de Dresde (Saxe).

Il se présente en poudre de couleur blanche, cristalline, et très brillante ; à l'aide du microscope on voit que la plus grande partie, presque tout, est constituée par des lamelles hexagonales dérivées d'un prisme orthorhombique par la modification des angles

aigus, accompagnée de quelques petites masses amorphes. Il fond à 194°, se transformant en un liquide jaune rougeâtre qui reste longtemps en surfusion.

Par l'action de l'acide sulfurique concentré (D = 1,84), au moment du contact des deux corps, l'alcaloïde se teinte de couleur orangée peu intense et la solution en est incolore.

En ajoutant de la saccharose pure à l'aconitine, puis de l'acide sulfurique, on ne voit pas apparaître la couleur rouge qu'acquièrent certaines aconitines commerciales en agissant sur les mêmes corps. Il se saponifie facilement avec une solution alcoolique de potasse (KOH) en aconine et acide benzoïque sans production sensible de vératrine.

En faisant agir l'acide nitrique (D = 1,42) sur l'alcaloïde, évaporant la solution jusqu'à siccité dans un bain-marie, et ajoutant ensuite la solution alcoolique de potasse, nous n'avons pas observé la couleur pourprée de la réaction vératrique de la *pseudaconitine* (*A. ferox, anthora*, etc.). En chauffant légèrement l'aconitine avec l'acide phosphorique médicinal ou avec l'acide sirupeux nous n'avons vu ni la couleur rouge, ni la couleur violette, en opérant avec des quantités variables jusqu'à $0^g,002$ d'aconitines, comme le recommande Adelhein.

Avec les réactifs généraux des alcaloïdes (Mayer, Wagner, Marmé, Dragendorff, Scheibler, Godefroy, Schultze, Wormley, etc., etc.) nous n'avons observé aucun phénomène caractéristique.

De tout ce que nous avons dit ci-dessus il résulte que l'aconitine essayée était presque pure, contenant seulement de très petites quantités de bases amorphes.

Et il résulte aussi, en conséquence, que jusqu'à présent nous manquons de réactifs chimiques [1] qui permettent d'affirmer l'existence de cet alcaloïde dans un cas quelconque d'investigation analytique, puisque ceux que l'on considère comme caractéristiques ne sont pas applicables à l'*aconitine pure, napaconitine* ou *benzoil aconine*, provenant de *A. napellus*.

Après de nombreuses réactions pratiquées conformément à des plans distincts, nous avons obtenus les résultats que nous avons exposés en faisant agir sur l'alcaloïde le brome pur, l'acide nitrique bromuré et la potasse alcoolique, en opérant de la manière suivante :

Nous avons soumis des quantités variables ($0^g,0005$ à $0^g,002$) de l'alcaloïde, dans un petit creuset de porcelaine, à l'action de 5 à 10 gouttes de

---

[1] En réalité les uniques caractères dont on s'est servi, où que l'on a employés pour distinguer cet alcaloïde de tous ses congénères sont : la saveur, la forme cristalline, la réaction microchimique, productrice de l'iodhydrate d'aconitine cristallisée proposée par A. Jürgens de Dorpat, et enfin, l'action physiologique (période des grandes pulsations), mais tous ces caractères sont incertains ou de peu d'utilité dans les recherches analytiques les plus fréquentes.

brome pur, en chauffant légèrement le mélange dans un bain-marie pour favoriser la réaction.

Nous ajoutons immédiatement de 1^{cm^3} à 2^{cm^3} d'acide nitrique fumant et évaporons, jusqu'à siccité, dans le même bain-marie en ajoutant un peu plus de brome quand l'acide se décolore, laissant un produit d'oxydation de couleur jaune. Nous ajoutons ensuite de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de solution alcoolique saturée de potasse (KOH) en employant pour la préparer de l'alcool éthylique pur ($D = 0,796$) et nous évaporons à siccité; on obtient ainsi une masse de couleur rouge ou brune plus ou moins intense, suivant la quantité d'aconitine et on laisse refroidir le creuset, puis on verse dans son intérieur 5 à 6 gouttes d'une dissolution aqueuse au $\frac{1}{10}$ de sulfate de cuivre; on voit bientôt, après avoir bien baigné la surface interne du creuset avec la solution cuprique, celle-ci prendre une *couleur d'un vert très intense.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dilatation et la densité de quelques gaz à haute température; application à la détermination de leurs poids moléculaires.* Note de MM. **Adrien Jaquerod** et **F.-Louis Perrot**, présentée par M. G. Lemoine.

I. Comme suite à nos recherches sur le point de fusion de l'or et la dilatation des gaz à haute température (¹) nous avons essayé de mesurer ce repère pyrométrique au moyen du thermomètre à *hélium*. Les formules données par M. Daniel Berthelot (²) permettent, en effet, de calculer que la correction à appliquer aux indications d'un tel thermomètre, pour les ramener à l'échelle thermodynamique absolue, serait à 1000° inférieure à 0°,001, donc bien plus faible que les erreurs d'expérience.

Nous avons déjà annoncé (³) que la silice laisse bien diffuser l'hélium au rouge avec une grande rapidité. De nouveaux essais, faits avec des ampoules en porcelaine et en platine, ne nous ont pas permis d'obtenir encore des résultats satisfaisants (⁴).

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1032.

(²) *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, 1903.

(³) *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904.

(⁴) La porcelaine laisse échapper l'hélium à 1000° plus rapidement que l'hydrogène, et le platine semble *l'absorber* légèrement.

II. Dans le but de calculer le coefficient de dilatation de différents gaz entre 0° et 1067°, nous avons donc été forcés de choisir comme substance thermométrique normale l'un des gaz expérimentés par nous; l'azote était dès lors tout indiqué : c'est en effet celui qui se rapproche le plus de l'état parfait, et dont le coefficient de dilatation entre 0° et 100° est le mieux connu. C'est aussi celui pour lequel nous possédions le plus de mesures du point de fusion de l'or : leur moyenne, corrigée d'après les formules de M. D. Berthelot, nous a donné la température de 1067°,4, que nous avons adoptée comme base de nos calculs. Ceci posé, il était facile, au moyen des données de nos expériences, de calculer les coefficients moyens de dilatation entre 0° et 1067°,4. Les chiffres obtenus sont les suivants :

Gaz.	Pression initiale approximative à 0°.	Coefficient d'expansion (volume constant) entre 0° et 1067°.
Azote	240 mm	0,003 6643
Air	230	0,003 6643
Oxygène	180-230	0,003 6652
Oxyde de carbone	230	0,003 6648
Acide carbonique	240	0,003 6756
	170	0,003 6713

Comme on le voit, les coefficients des quatre premiers gaz sont très voisins les uns des autres, les différences étant à peine supérieures aux erreurs d'expérience. Pour l'acide carbonique, la différence est marquée, comme il fallait s'y attendre; c'est de plus le seul gaz pour lequel il ait été possible d'observer la variation du coefficient avec la pression initiale (les valeurs obtenues conduisent au nombre 0,003661 pour le coefficient limite).

En ce qui concerne l'azote, le coefficient de dilatation ci-dessus n'est pas expérimental; il résulte de la dilatation entre 0° et 100° (0,0036650) et de la correction indiquée plus haut. Ce résultat admis, les autres coefficients lui sont entièrement comparables, ayant été obtenus dans des conditions absolument identiques. Ils sont par conséquent *indépendants de la température vraie de fusion de l'or.*

III. Comme application de ces déterminations, nous avons calculé la *densité* des gaz étudiés à 1067°, et leur *poids moléculaire* par rapport à l'oxygène ($O^2 = 32$).

Pour cela on ramène tout d'abord la densité à la pression moyenne de 250^{mm}, en tenant compte des compressibilités respectives [1], puis on calcule la pression qu'exer-

---

[1] Nous avons utilisé pour cela les mesures de Lord Rayleigh, entre $0^{atm},5$ et 1^{atm}.

ceraient, à 1067°,4, les différents gaz, en les dilatant à volume constant; enfin on ramène la pression à 760^{mm} en supposant qu'à haute température ces gaz suivent la loi de Mariotte. Cette supposition est absolument légitime, car on calcule au moyen des formules de M. D. Berthelot que, à 1067°, tous ces gaz sont, comme l'hydrogène à 0°, *moins* compressibles que ne le voudrait la loi de Mariotte, mais que les écarts sont si faibles qu'ils conduiraient à des corrections inférieures à $\frac{1}{10000}$.

Gaz.	Poids du litre normal [1] à 0° et sous 760^{mm}.	Poids du litre à 1067°,4 et sous 760^{mm}.	Poids moléculaire à 1067° rapporté à l'oxygène.
	g	g	
Oxygène	1,42893	0,29071	32
Azote	1,25045	0,25451	28,0155
Oxyde de carbone	1,25025	0,25445	28,009
Acide carbonique	1,97677	0,39966	43,992

On voit que, pour CO et CO^2, les poids moléculaires trouvés concordent à moins de $\frac{1}{3000}$ avec les résultats de l'analyse. Pour l'azote, la valeur obtenue correspond au poids atomique $N = 14,008$, identique à la moyenne de toutes les déterminations physico-chimiques de cette constante.

La valeur trouvée pour CO^2 montre que la dissociation de ce gaz au point de fusion de l'or doit être inférieure à $\frac{1}{5000}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pression osmotique des solutions colloïdales.* Note de M. J. **Duclaux**, présentée par M. E. Roux.

J'ai indiqué dans une précédente Communication [2] que dans une solution colloïdale, formée comme on sait de micelles en suspension dans un liquide, la conductibilité électrique totale était la somme de deux termes correspondant, l'un au liquide et aux cristalloïdes qu'il tient en solution, l'autre aux micelles elles-mêmes qui ont un pouvoir conducteur propre, comparable ou même supérieur à l'autre dans des solutions colloïdales assez pures.

Ainsi la micelle peut être considérée comme un très gros ion, neutralisé par un ou plusieurs ions ordinaires de signe contraire, retenus près de la

---

(1) Moyenne des déterminations de Lord Rayleigh et M. Leduc.

(2) *Comptes rendus*, t. CXL, p. 1468.

surface comme le sont ceux qu'un métal abandonne au liquide dans lequel il est plongé.

J'ai cherché si ces ions d'espèce particulière avaient des propriétés identiques à celles des ions ordinaires et si, en particulier, il leur correspondait encore une pression osmotique en rapport avec leur nombre.

On a déjà cherché à mettre en évidence l'existence d'une pression osmotique très faible des colloïdes par la méthode habituelle des vases semi-perméables. En réalité, cette méthode ne leur est pas applicable. En effet, la pression osmotique d'une solution colloïdale par rapport à l'eau pure, telle qu'on la mesure au moyen de ces vases, est, comme la conductibilité, la somme de deux termes correspondant, l'un à la micelle, l'autre au liquide intermicellaire : ce second terme ne peut être nul, puisque, en raison des phénomènes d'équilibre entre la micelle et le liquide qui l'entoure, ce dernier ne peut pas se réduire à de l'eau pure; on ne peut donc rien conclure quant à l'existence du premier terme.

Au contraire, il est facile d'arriver au résultat en utilisant la propriété qu'ont les membranes de collodion d'être imperméables aux micelles et de laisser passer sans altération le liquide dans lequel elles flottent. En opérant de cette manière, on constate l'existence d'une pression osmotique notable, pouvant par exemple dépasser 1^{m} d'eau.

On peut la mettre en évidence et la mesurer par plusieurs procédés : soit en laissant filtrer la solution à travers un manchon cylindrique vertical de collodion (la différence de niveau entre le liquide à l'intérieur du manchon et le liquide filtré tend alors vers une limite stable); soit en établissant dès l'origine l'égalité des deux niveaux, en employant à l'extérieur le liquide filtré dans une opération précédente, et mesurant la dénivellation qui s'établit; soit encore en filtrant sous pression, auquel cas le liquide colloïdal dans le manchon se réduit à un volume limite, sous lequel il a une pression osmotique justement égale à celle que l'on exerce sur lui. Les trois procédés donnent pour la pression osmotique des nombres à peu près concordants : cependant ceux que l'on obtient par filtration sous pression sont toujours plus forts, vraisemblablement par suite de la pénétration des micelles jusqu'à une certaine profondeur dans les pores du collodion et de leur plus grande concentration dans ces pores.

Ainsi les micelles du colloïde ont une pression osmotique propre : elles agissent qualitativement comme des ions ordinaires. On peut chercher à poursuivre l'analogie par des mesures quantitatives.

La mesure de la différence de conductibilité entre la solution colloïdale et le liquide intermicellaire, et la connaissance des vitesses de transport, donnent, comme je l'ai indiqué (*loc. cit.*) la mesure de la quantité d'électricité transportée par les micelles, c'est-à-dire du nombre d'ions *actifs*

qu'elles renferment, en entendant par là aussi bien les ions qui chargent la micelle que ceux qui la neutralisent à l'extérieur. Si ce sont encore ces ions qui sont *osmotiquement actifs, et si leurs propriétés sont indépendantes de leur concentration*, il doit y avoir proportionnalité entre la pression osmotique et leur nombre, et par suite aussi pour une même solution plus ou moins concentrée entre cette pression et la conductibilité propre des micelles, mesurée par différence.

C'est en effet ce que l'on observe, du moins en première approximation. Voici les nombres qui se rapportent à une même solution d'hydrate ferrique plus ou moins concentrée : les pressions osmotiques sont en centimètres, les conductibilités en unités absolues :

Pressions.	Conductibilité.	Rapport.
0,6	9.10^{-6}	15
1,5	22	15
4,1	40	10
11,0	91	8
48,0	310	6,5

Les nombres de la dernière colonne ne sont pas constants : mais on voit que, tandis que la pression osmotique varie de 1 à 80, le rapport ne varie que de 1 à 2. Nous avons supposé, d'ailleurs, que les propriétés des ions micellaires étaient indépendantes de leur concentration. Ceci suppose implicitement que les micelles sont elles-mêmes indépendantes les unes des autres : si l'on veut, que leur assemblage est un gaz, tandis qu'on sait depuis Spring (¹) que leurs propriétés s'expliquent bien mieux si l'on admet que cet assemblage, quoique peu résistant, est un *solide* dont les parties sont unies par une force de cohésion. D'ailleurs si cette indépendance était réelle, la conductibilité propre des micelles devrait être proportionnelle à leur concentration, tandis qu'elle augmente, pour la solution étudiée plus haut par exemple, de 1 à 35 quand la concentration ne varie que de 1 à 18. Il n'est donc pas en contradiction avec nos hypothèses que nous constations pour la pression osmotique des irrégularités du même ordre.

D'ailleurs cette pression n'est pas la même que celle d'une solution cristalloïde de même concentration en ions. Reprenant les nombres cités plus haut, nous pouvons calculer le nombre absolu d'ions actifs que contient la solution colloïdale, et la pres-

(¹) *Trav. chim. Pays-Bas*, t. IX, 1901, p. 204.

sion qu'exercerait un nombre égal d'ions ordinaires; nous obtenons ainsi les nombres de la première colonne, en regard de ceux de la deuxième qui donnent la pression observée :

		Rapport.
4,3	0,6	0,14
19,5	4,1	0,21
150,0	48,0	0,32

Le rapport est beaucoup plus petit que l'unité : ce résultat est facile à interpréter en remarquant que les ions ne sont pas ici complètement libres, formant des assemblages complexes où ils ne peuvent avoir la même activité.

Avec cette réserve, il semble qu'on pourra étendre aux solutions colloïdales toutes les lois qui s'appliquent aux solutions ordinaires. A un point de vue purement qualitatif, l'existence d'une pression osmotique tendant à produire une expansion du système micellaire explique la stabilité indéfinie des solutions colloïdales. Il est certain, d'autre part, que les membranes semi-perméables formées de colloïdes, en particulier les membranes cellulaires des organismes vivants, n'ont pas à l'égard des échanges osmotiques l'inertie qu'on leur attribue en général.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analogie entre l'amidon coagulé par l'amylocoagulase et l'amidon de pois.* Note de MM. **A. Fernbach** et **J. Wolff**, présentée par M. E. Roux.

En étudiant diverses variétés d'amidons, afin de rechercher s'ils se prêtent aux phénomènes de coagulation que nous avons observés pour la fécule de pomme de terre, nous avons été frappés par les particularités que présente l'amidon de pois, et nous avons reconnu qu'il se rapproche singulièrement de l'amidon de pomme de terre coagulé.

L'amidon de pois sur lequel nous avons expérimenté a été extrait par lévigation à l'eau distillée de pois *verts* préalablement broyés. Bouilli avec de l'eau, cet amidon ne fournit pas d'empois, mais donne une solution filtrable sur papier, en laissant un fort résidu colorable en bleu par l'iode. L'aspect de ce résidu au microscope diffère totalement de l'amidon primitif : au lieu de grains sphériques ou légèrement ovoïdes, dans lesquels on distingue nettement des couches concentriques, on ne voit plus que des masses qui semblent représenter le squelette des grains à l'état naturel; on retrouve, en effet, la forme des granules, mais il n'en reste plus qu'une portion très peu réfringente, avec, au centre, un noyau nettement visible, l'aspect général rappelant celui d'un globule de sang de grenouille. A la suite d'une saccharification à 70° par le malt,

ou après ébullition avec l'acide sulfurique étendu, on obtient un résidu qui, morphologiquement, a exactement le même aspect, mais qui ne se colore plus par l'iode qu'en rose ou en brun, le noyau central se colorant beaucoup plus que le pourtour.

Le résidu de la saccharification présente les mêmes caractères que celui qu'on obtient en saccharifiant un coagulum formé par l'action de l'amylocoagulase sur l'empois de fécule; il se dissout dans la potasse, et la solution neutralisée donne par l'iode une coloration bleu intense.

L'amidon coagulé et l'amidon de pois présentent en outre d'autres analogies intéressantes : tous deux, bouillis avec une faible quantité d'eau (1 de matière pour 10 à 15 d'eau), donnent une gelée opaque par le refroidissement. Si l'on emploie plus d'eau et qu'on filtre, le liquide passe clair et se trouble ensuite rapidement en donnant, suivant la concentration, un précipité pulvérulent ou gélatineux. Quelle que soit la forme du précipité, il n'est pas saccharifiable intégralement à 70°, et le résidu a encore les caractères de l'amylocellulose. Mais, si l'on reçoit le liquide qui filtre dans de l'extrait de malt, la saccharification est intégrale.

Cette analogie est d'autant plus frappante que nous avons rencontré dans le pois vert, aussi bien dans les graines que dans les cosses, de l'amylocoagulase active, comparable en tous points à celle de l'orge, du froment ou du malt.

L'analogie se retrouve encore lorsqu'on étudie quantitativement la manière dont les deux amidons se comportent vis-à-vis de l'amylase du malt. Pour faire cette comparaison et pouvoir doser la portion d'amylocellulose qui résiste à un extrait de malt à 70°, nous avons utilisé les observations de M. E. Roux (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 943 et 1259) qui a constaté, entre autres, que les portions les plus résistantes de l'amylocellulose sont solubles à 150°.

Nous avons pu ainsi reconnaître que, dans l'amidon que nous avons extrait du pois, il y a de 82 à 83 pour 100 d'amidon soluble à 100° et saccharifiable à 70°, le complément à 100 représentant ce qui se dissout entre 100° et 150°. La portion qui reste non saccharifiable après chauffage à 100° et refroidissement prolongé s'élève à 22 pour 100 environ; elle se compose de ce qui n'est soluble qu'entre 100° et 150°, augmenté de ce qui se précipite entre 100° et la température ordinaire (4 pour 100 environ).

Il y a donc dans cet amidon de pois une très forte proportion d'amylocellulose résistant à la saccharification par le malt, et les chiffres que nous venons d'indiquer sont très voisins de ceux qu'on rencontre dans certains cas en examinant la fécule coagulée. En effet, en coagulant de l'empois plus ou moins chauffé, soit par l'extrait de malt, soit par l'extrait de pois, nous avons trouvé que le coagulum renfermait les proportions centésimales suivantes d'amylocellulose non saccharifiable à 70° : 15,8; 20,17; 25; 27; 27; 31,5; 39,3; 43,4.

L'amidon de pois nous offre donc l'exemple d'un amidon naturel présentant les mêmes caractères que l'amidon coagulé que nous pouvons produire artificiellement en partant de la fécule de pomme de terre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la méthémoglobine et sa combinaison fluorée.* Note de MM. **J. Ville** et **E. Derrien**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note du 13 mars dernier, nous faisions remarquer que la modification, imprimée par le fluorure de sodium au spectre de la méthémoglobine, pouvait donner la raison des faits signalés par MM. Piettre et Vila ([1]), concernant la présence d'une nouvelle bande dans le spectre de l'oxyhémoglobine. Cette bande nous paraissant devoir être attribuée à une méthémoglobinisation partielle de la matière colorante du sang.

Dans une nouvelle Note du 1er mai, nous avons fait connaître l'obtention de cristaux qui, par leurs caractères et les conditions de leur préparation apparaissent comme la forme cristallisée d'une combinaison fluorée de la méthémoglobine.

MM. Piettre et Vila ([2]) ont mis en doute l'existence de cette combinaison fluorée, contestant d'ailleurs à la méthémoglobine le caractère d'un corps chimiquement défini et alléguant que cette substance ne peut être obtenue à l'état cristallisé.

A ce propos nous ferons d'abord observer qu'il est difficile de ne pas se ranger à l'opinion généralement admise, qui considère la méthémoglobine comme une espèce chimique optiquement définie, opinion basée sur l'ensemble des caractères de ce corps et sur l'étude spectrophotométrique qu'en ont faite Hüfner, Otto et particulièrement R. von Zeynek ([3]), ces auteurs ayant en outre montré que la méthémoglobine de sang de cheval et de porc *peut être obtenue cristallisée*, aussi bien que l'oxyhémoglobine, et, comme cette dernière, peut être purifiée par plusieurs cristallisations successives.

D'ailleurs, pour préparer les cristaux de la combinaison fluorée en ques-

---

([1]) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 390.

([2]) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 1350; *Bull. de la Société chimique*, 3e série, t. XXXIII, p. 573.

([3]) Huefner et Otto, *Zeit. physiol. Chem.*, t. VII, p. 65; R. von Zeynek, *Arch. f. Physiol.*, 1899, p. 460.

tion, nous avons nous-mêmes opéré avec de la méthémoglobine de cheval, préalablement obtenue à *l'état cristallisé*.

La bande à $l = 634$, signalée par MM. Piettre et Vila dans le spectre du sang, doit être attribuée à une méthémoglobinisation partielle de l'oxyhémoglobine, si l'on tient compte de la position de cette bande et de sa migration à $l = 612$ par l'action du fluorure de sodium.

Cette méthémoglobinisation s'accentue d'une manière très lente avec le temps. En effet le sang frais, en solution aqueuse, présente bien dans son spectre la bande à $l = 634$ lorsque, selon le mode opératoire de ces auteurs, l'observation est faite sous une épaisseur de 20^{cm}; mais cette bande ne commence à paraître qu'après un temps assez long si l'on examine le liquide sous une épaisseur relativement faible.

C'est ainsi qu'en opérant aseptiquement avec du sang puisé dans le cœur d'un cobaye vivant, dilué au centième et maintenu à une température voisine de 38°, nous avons constaté que ce liquide, observé sous une épaisseur de 3^{cm}, ne commence à laisser apercevoir faiblement la bande à $l = 634$ qu'après 36 heures. Cette bande s'accentue d'une manière très lente, et après environ 48 heures on peut la distinguer assez nettement. Du reste, MM. Piettre et Vila (¹) ont fait observer eux-mêmes que la bande à $l = 634$ qui, dans leur mode d'observation, est plus ou moins visible selon les espèces, peut toujours être *renforcée* en chauffant vers 38°.

Les faits qui précèdent montrent bien que cette bande à $l = 634$ est due à une modification lentement progressive de la matière colorante du sang. Cette modification, qui consiste en réalité en une méthémoglobinisation plus ou moins sensible de l'oxyhémoglobine, semble donc commencer à se produire dès que la matière colorante est libérée de son complexe globulaire, puisque, comme le font remarquer MM. Piettre et Vila, elle se manifeste sur le sang récemment extrait des vaisseaux, lorsqu'on l'examine, en solution aqueuse, sous une épaisseur suffisante, alors que le sang qui a conservé son intégrité globulaire, grâce à des solutions isotoniques, *ne la présente pas*.

La méthode d'observation spectrale, appliquée par ces auteurs, permet donc d'apercevoir les premières manifestations de cette méthémoglobinisation plus rapide qu'on ne le pensait, puisqu'elle semble commencer avec le laquage du sang.

La modification spectrale, que l'on observe par l'addition de fluorure de

(¹) Piettre et Vila, *Bull. de la Soc. chim.*, 3e série, t. XXXIII, p. 507.

sodium à du sang méthémoglobinisé, ou à des solutions de méthémoglobine cristallisée, est due à la formation d'une combinaison fluorée de la méthémoglobine, comme l'indiquent les caractères et les conditions de préparation des cristaux que nous avons obtenus et décrits.

Ces cristaux de méthémoglobine fluorée sont caractérisés non par leur forme cristalline, mais bien par leur dichroïsme (coloration verte en couche mince et rouge pourpre en couche plus épaisse) ainsi que par leur spectre, observé au microspectroscope, caractères identiques à ceux des solutions fluorées de méthémoglobine et que ne présentent pas les cristaux obtenus par MM. Piettre et Vila en centrifugeant des globules rouges de cheval dans une solution saturée de sulfate ammonique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les cérébrines et l'acide cérébrique préexistent dans le tissu nerveux à l'exclusion du protagon.* Note de M. **N.-A. Barbieri**, présentée par M. Armand Gautier.

Liebreicht, en 1876, annonça que si, après avoir gardé la pulpe cérébrale à 0° dans un mélange d'eau et d'éther, on la reprend ensuite par de l'alcool à 85° et à la température de 45°, celui-ci dépose par refroidissement un corps floconneux qu'il appela le *protagon* et auquel il fit jouer un rôle important dans les fonctions nerveuses. Ce corps contenait

$$C = 66,74; \quad H = 11,74; \quad N = 2,80; \quad P = 1,23; \quad O = 17,40 \text{ (1)}.$$

Hoppe Seyler pensait que ce corps était un mélange de lécithine et de cérébrine (de Müller).

J'apporte aujourd'hui la preuve que le protagon est un mélange non pas de cérébrine et de lécithines, mais de cérébrine et d'un corps phosphoré décrit en 1841 par Fremy sous le nom d'*acide cérébrique :*

$$C = 66,7; \quad H = 10,6; \quad N = 2,3; \quad P = 0,9; \quad O = 19,5 \text{ (2)}.$$

Le cerveau d'un mammifère débarrassé de sang et des enveloppes conjonctives est lavé à l'éther à 65°. On réduit la masse en pulpe homogène en l'exprimant à travers une toile. Cette pulpe, délayée dans le $\frac{1}{4}$ de son volume d'eau distillée, est épuisée complètement durant plusieurs semaines par un excès d'éther à 65°. Il se fait trois couches

(1) *Ann. der Chemie und Pharmacie*, Bd. CXXXIV, p. 29.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. II, 1841.

distinctes : l'une (A) inférieure aqueuse qu'on sépare par siphonnage; l'autre (B) superficielle éthérée qu'on décante; la troisième (C) intermédiaire est formée par la pulpe insoluble.

L'extrait aqueux contient des traces d'une globuline et une albumine qui se coagule entre 53° et 55°.

L'extrait éthéré (B) filtré, réduit au plus petit volume possible, est laissé à zéro pendant 24 heures. Il se dépose un corps blanc cireux, qu'on sépare par filtration. Ce corps dissous dans l'alcool bouillant perd son aspect et se transforme sans perte en un corps blanc cristallin, que j'ai pu identifier avec l'acide cérébrique de Fremy. Il ne gonfle pas dans l'alcool froid, il se colore fortement en noir par l'acide osmique, il laisse peu de cendres acides, il fond à 176° et, soumis à l'hydrolyse, ne donne pas de sucre réducteur. Ce corps fournit à l'analyse

$$C = 66,9; \quad H = 10,9; \quad N = 3,9; \quad P = 0,7; \quad S = 0,5; \quad O = 17,10.$$

Le soufre et, probablement, le phosphore se trouvent dans ce corps à l'état de composés organiques non oxydés.

L'éther qui avait laissé se précipiter ce corps contient l'acide oléophosphorique des acides gras fixes et volatils et de la cholestérine fusible à 145°

$$C = 82,7; \quad H = 12,07; \quad O = 5,17$$

répondant à

$$C^{20}H^{34}O^{2}.$$

La pulpe (C) débarrassée, par lavages successifs à l'alcool chauffé à 45°, des dernières traces d'acide cérébrique, d'acide oléophosphorique et de cholestérine, est épuisée à chaud par un excès d'alcool fort. On réduit l'alcool; par refroidissement il se dépose une masse blanche floconneuse. Cette masse séchée dans le vide, lavée plusieurs fois à l'éther bouillant, est délayée dans l'alcool fort et gardée quelque temps à l'étuve à la température de 45°.

Il reste indissous un corps blanc, comme plâtreux, c'est la cérébrine (α) qui fond à 170°. Sa composition est la suivante

$$C = 69; \quad H = 11; \quad N = 3,8; \quad O = 16,20.$$

L'alcool filtré abandonne ensuite une seconde cérébrine (β) d'aspect légèrement cireux qui gonfle en gelée dans l'alcool froid et fond à 185°. Sa composition centésimale est

$$C = 69,2, \quad H = 11,15, \quad N = 2,7, \quad O = 15,85.$$

On réduit l'alcool mère et l'on obtient une cérébrine (γ) qui fond à 151° et de composition

$$C = 68,14; \quad H = 11,04; \quad N = 2,35; \quad O = 18,47.$$

Ces cérébrines ne laissent pas de cendres; par hydrolyse elles donnent un sucre réducteur, une base, et des acides gras supérieurs.

Dans l'extrait alcoolique, après épuisement complet par l'éther, on ne

retrouve à aucun moment le protagon; mais, si *l'extraction primitive par l'éther a été incomplète, l'extrait alcoolique laisse un mélange dans des proportions variables des cérébrines et d'acide cérébrique,* mélange répondant aux propriétés du protagon.

Comme à la grande rigueur on pourrait objecter que dans ces traitements l'éther pur employé a pu dédoubler une molécule complexe qui serait composée d'acide cérébrique et de cérébrine en ces deux facteurs non préexistants, j'ai voulu par une autre méthode contrôler ces résultats.

Le cerveau d'un mammifère débarrassé du sang et des enveloppes est épuisé à froid par le sulfure de carbone pur. On filtre, on évapore le sulfure et le résidu de l'évaporation est repris par une petite quantité d'éther anhydre. L'éther laisse indissous un corps blanc, cireux, qui fond à 176° et qui a *la même constitution, les mêmes propriétés et la même composition que le corps obtenu par refroidissement à zéro de l'extrait éthéré réduit.*

La masse cérébrale, épuisée par le sulfure de carbone, débarrassée de toutes traces de ce dissolvant par des lavages répétés à l'éther, est épuisée à chaud par un excès d'alcool fort. De cet alcool, grâce à la méthode déjà indiquée, on sépare les trois cérébrines décrites plus haut.

La substance grise corticale et médullaire est rapidement et profondément décolorée par le sulfure de carbone. Ce corps dissout la presque totalité des principes constitutifs de la substance grise, tandis que celle-ci ne perd pas son aspect grisâtre, même après un séjour d'un an, dans l'éther plusieurs fois renouvelé.

Ainsi, par l'emploi exclusif de dissolvants neutres variés : l'éther, le sulfure de carbone et l'alcool, j'ai pu retirer du cerveau l'acide cérébrique et les cérébrines préexistants, sans trace de protagon, accompagnés seulement de cholestérine, d'acide oléophosphorique, d'albumine et de sels.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les effets de la décortication annulaire.* Note de M. **Leclerc du Sablon**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé de rechercher l'influence de la décortication annulaire, pratiquée dans le voisinage du collet, sur la répartition des réserves hydrocarbonées dans les tiges, les racines et les feuilles; j'ai opéré sur des Poiriers, des Coignassiers et des Fusains du Japon âgés de 3 à 4 ans. Un premier lot d'arbres a été décortiqué le 9 février avant le départ de la végétation; un second lot le 8 mai, lorsque les premières pousses étaient

formées; un troisième lot n'était pas décortiqué et servait de témoin.

Puis à des intervalles de deux mois environ, des arbres appartenant à chacun des trois lots étaient récoltés et analysés comparativement. Le Tableau suivant donne les résultats relatifs au Poirier; les nombres donnés indiquent la quantité de réserve hydrocarbonée rapportée à 100 parties de matière sèche analysée. Bien que j'aie dosé séparément les sucres, les dextrines et les matières amylacées insolubles dans l'eau, il me paraît suffisant, pour l'objet que je me propose, d'indiquer la somme des réserves.

Racine.

	Non décortiqué.	Décortiqué le 9 février.	Décortiqué le 8 mai.
18 février	30,3	»	»
13 avril	22,4	25,6	»
16 juin	27,9	27,9	17,5
4 août	29,2	26,5	18,3
24 septembre	33,8	19,3	21,4
1er décembre	29,3	17,4	17,5

Tige.

	Non décortiqué.	Décortiqué le 9 février.	Décortiqué le 8 mai.
18 février	23,0	»	»
13 avril	21,3	18,3	»
16 juin	23,7	29,5	29,0
4 août	24,7	33,2	27,0
24 septembre	25,7	29,1	29,5
1er décembre	25,4	25,9	25,8

Feuille.

	Non décortiqué.	Décortiqué le 9 février.	Décortiqué le 8 mai.
16 juin	18,8	24,6	26,2
4 août	18,3	25,3	25,0
24 septembre	16,7	27,7	28,6

Les racines des arbres décortiqués en février ont d'abord plus de réserves que celles des arbres témoins, ce qui montre bien qu'au moment du départ de la végétation, il y a, de la racine vers la tige, une migration normale de réserves qui est arrêtée par la décortication; comme vérification, on constate que les tiges des mêmes arbres décortiqués renferment moins de réserves que les tiges des arbres témoins. Mais, après le mois d'avril, à la suite de l'assimilation par les feuilles, c'est l'inverse qui a lieu. Les racines des arbres décortiqués deviennent beaucoup plus pauvres que celles des arbres témoins; tandis que le contraire se produit dans les tiges. Cela s'explique facilement. Les racines des arbres décortiqués s'épuisent peu à peu parce qu'elles ne reçoivent rien ou presque rien des tiges. D'autre part, les réserves assimilées par les feuilles, ne pou-

vant se répandre dans les racines, s'accumulent dans les tiges qui renferment ainsi beaucoup plus de réserves que dans les arbres témoins.

Les choses se passent d'une façon un peu différente dans les arbres décortiqués le 8 mai. La racine est dès le commencement plus pauvre en réserves que dans les arbres témoins. Cela tient à ce que la décortication a été faite après la migration des réserves de la racine vers la tige et avant que la tige n'ait commencé à amener dans la racine le produit de l'assimilation des feuilles. Plus tard, les arbres décortiqués en mai sont comparables à ceux décortiqués en février.

Les feuilles renferment toujours plus de réserves dans les arbres décortiqués que dans les arbres témoins. Les produits de l'assimilation, qui ne peuvent émigrer vers les racines, s'accumulent dans les feuilles comme dans les tiges. On s'explique ainsi l'augmentation considérable de récolte qu'on obtient en décortiquant certaines branches d'arbres fruitiers. La chlorophylle est cependant moins abondante dans les feuilles des arbres décortiqués; ces feuilles se reconnaissent en général à leur couleur jaunâtre. Il semble qu'il y ait là une sorte de régulation de la fonction assimilatrice; les produits de l'assimilation chlorophyllienne n'ayant plus leur débouché normal et encombrant les feuilles, il y a diminution dans la production de la chlorophylle.

Les Coignassiers et les Fusains du Japon m'ont donné des résultats comparables à ceux des Poiriers. Je n'ai pas continué les expériences au delà du mois de décembre, parce qu'après cette époque presque tous les arbres décortiqués commençaient à se dessécher.

En somme, ces expériences sur la décortication mettent en évidence, d'une façon très claire, les échanges de réserves qui ont lieu entre la tige et la racine, échanges dont on connaissait d'ailleurs l'existence par l'étude directe de la répartition des réserves dans un arbre non décortiqué : à la fin de l'hiver et au commencement du printemps, les réserves vont de la racine vers la tige, déterminant ainsi dans le liber un courant ascendant de sève élaborée; du mois de mai au mois d'octobre, elles vont de la tige vers la racine. Les analyses comparatives montrent de plus l'importance quantitative de ces échanges.

AGRONOMIE. — *Sur les résultats obtenus par l'observation des terres arables en plaques minces.* Note de MM. A. DELAGE et H. LAGATU, présentée par M. Schlœsing fils.

Diverses objections ont été faites aux travaux d'analyse minéralogique de la terre arable dont nous avons antérieurement communiqué à l'Académie un résumé nécessairement fort succinct [1]. La présente Note a pour

---

[1] *Comptes rendus,* 12 et 26 décembre 1904.

objet de réfuter brièvement ces critiques et de compléter nos Notes antérieures par l'indication de quelques faits nouveaux.

I. Dans une Note récente insérée aux *Comptes rendus* (¹), M. Cayeux dit, en parlant de nous :

« Suivant ces auteurs, la terre arable n'est pas formée de minéraux plus ou moins décomposés; elle ne renferme que des *espèces minérales d'une pureté absolument parfaite.* »

L'auteur ayant invoqué, immédiatement après, l'épigénie comme phénomène d'altération et de décomposition, les lecteurs des *Comptes rendus* ont pu croire que nous n'avions pas vu d'épigénie dans la terre arable. En réalité, nos observations ont été consignées de la manière suivante dans le Mémoire cité (²) :

« ... Nous n'avons jamais vu que *des espèces minérales d'une pureté absolument parfaite, c'est-à-dire dans l'état où on les rencontre dans les roches.* Il y en a *évidemment* qui *ont subi* des épigénies; il y a, par exemple, des feldspaths épigénisés par la damourite, des micas épigénisés par la chlorite, des péridots épigénisés par la limonite et la serpentine, etc.; ces épigénies se rencontrent naturellement et fréquemment dans ces minéraux lorsqu'ils font partie intégrante des roches. Ont-elles continué lorsque ces minéraux, désagrégés, ont formé la terre? C'est possible, mais ce n'est pas démontré... »

Il s'ensuit que le fait de constater dans la terre arable des minéraux épigénisés ne saurait être envisagé, après la publication de ces lignes, ni comme nouveau, ni comme étranger à nos préoccupations, ni, par conséquent, comme manifestement contraire à nos conclusions.

II. L'objet essentiel de notre travail a été la recherche des symptômes de la décomposition des minéraux dans la terre arable. L'observation de la terre en plaques minces montre que, dès l'abord, deux modes de décomposition peuvent seuls se présenter à l'esprit : 1° la décomposition après dissolution du minéral; 2° l'épigénie.

En ce qui concerne l'épigénie, nous ne nous sommes pas arrêtés au raisonnement simpliste qui consiste à confondre, *a priori* et sans discussion, un *résultat d'épigénie* avec une *activité épigénique actuelle.* A ce compte, on pourrait aussi bien dire : il y a du zircon dans la terre arable; donc, le zircon se forme dans la terre arable. Comme le montre l'extrait précédent

(¹) *Comptes rendus,* 8 mai 1905.

(²) *Constitution de la terre arable* (Montpellier, Coulet, 1905), p. 11.

de notre Mémoire, nous avons examiné les trois cas possibles : 1° les minéraux épigénisés de la terre arable proviennent-ils tels quels des roches d'origine; 2° ou bien l'épigénie, commencée dans les roches, s'est-elle continuée dans la terre arable; 3° ou bien, l'épigénie est-elle spontanée dans la terre arable? Or, tous les cas d'épigénie, dans les débris minéraux de la terre arable, s'expliquent aisément par la fragmentation d'un minéral antérieurement épigénisé dans la roche d'origine; nous n'avons jamais observé dans ces fragments rien qui donne au pétrographe le sentiment, et encore moins la preuve, de l'activité épigénique saisie *in situ*.

Si donc il y a, dans la terre arable, des minéraux épigénisés, rien n'autorise à affirmer qu'il y a, *dans ce milieu tout différent des roches en place*, des minéraux en activité épigénique; tout nous porte à penser que les décompositions sont consécutives à la dissolution pure et simple.

III. Des expériences, dont on ne tient aucun compte dans les objections qu'on nous a faites, sont probantes pour ce qui concerne la dissolution des feldspaths, objet principal du litige.

Daubrée ([1]) a montré que l'orthose livre à l'eau pure non seulement sa potasse, mais aussi sa silice et son alumine; ces deux derniers corps se séparent ensuite à l'état d'hydrates colloïdaux, *adsorbant* une partie de la potasse dissoute.

IV. Il a été, en outre, annoncé que l'analyse minéralogique de la terre arable ne donnerait aucun résultat pratique en Chimie agricole ([2]). Cette critique ne pouvait venir des agronomes, dont un très grand nombre nous a manifesté sa satisfaction de *voir* les terres arables et de pouvoir les comparer, soit entre elles, soit avec les roches d'origine, par une méthode aisée et sûre, inusitée jusqu'à ce jour, parmi eux, pour cet objet. Il ne s'agit plus, en effet, de méthodes microchimiques, telles, par exemple, que celle de Boricky, ni de la méthode de séparation par les liqueurs lourdes, et des lévigations suivies de l'observation, au microscope polarisant, des grains séparés, méthode inaugurée et décrite avec des détails si complets, en 1889, pour la terre arable, par Franz Steinriede; il s'agit de la méthode d'observation optique au microscope polarisant à lumière parallèle, qui permet de reconnaître en un temps très court, dans une plaque mince d'un prix très modique, *tous* les minéraux d'une terre, leur état et, dans une mesure

([1]) *Études synthétiques de Géologie expérimentale*, 1879, p. 272.
([2]) *Revue de Viticulture*, mai 1905.

suffisante, leurs proportions relatives. C'est, à notre sens, le seul procédé praticable à titre de travail courant.

V. Voici d'ailleurs des applications très pratiques. En ce qui concerne la *potasse*, si une terre donne par l'analyse chimique une teneur élevée et si l'on n'observe dans la plaque que très peu ou point de minéraux potassiques, ces deux faits coïncident avec des terres où la potasse, fixée simplement par le pouvoir rétenteur, est assimilable et ne laisse aux engrais potassiques qu'un rôle assez effacé. Nous avons étudié en grand détail, à ce point de vue, bien des terres et, en particulier, les alluvions de l'Ain, à Loyettes (Ain), les alluvions du Vidourle, à Aimargues et à Marsillargues (Hérault). L'*acide phosphorique* paraît permettre un raisonnement analogue. Ces observations expliquent d'ailleurs pourquoi les dissolvants faibles mesurent mieux la valeur alimentaire d'une terre que les dissolvants forts.

VI. Nous poursuivons ces recherches et nous avons déjà relevé d'autres résultats qui nous donnent le ferme espoir de trouver dans l'analyse minéralogique un sérieux appui de l'analyse à la fois mécanique et chimique des terres, en vue des applications pratiques en Agriculture (1).

ANTHROPOLOGIE. — *Recherches sur l'ethnogénie des Dravidiens : Les Kader des monts d'Anémalé et les tribus voisines.* Note de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. Edmond Perrier.

Chargé d'une mission par le Ministère de l'Instruction publique, je suis allé dans l'Hindoustan étudier l'ethnologie de cette contrée, et essayer d'en déterminer l'élément noir primitif.

On admet généralement que ces noirs primitifs sont les *Dravidiens*. Mais les Dravidiens ne sont définis qu'au point de vue philologique; leurs caractères de race et leurs affinités ont donné lieu aux appréciations les plus contradictoires.

Voici les travaux qui ont posé la question sous une forme plus précise et plus analytique. De Quatrefages, colligeant des notes de voyageurs, établit l'existence, en divers points de l'Inde, de tribus montagnardes plus franchement négroïdes, et en même temps de plus petite taille que les populations de plaine; il en déduit que l'indigène

---

(1) Delage et Lagatu, *Constitution de la terre arable*, 2e Mémoire. Réponse à une critique. Montpellier, Coulet, 1905.

primitif était le *Negrito,* dont le témoin pur se retrouve non loin de là aux îles Andaman. Mais, dans cette hypothèse, ces tribus de la jungle indienne devaient être sous-brachycéphales : or, quelques-unes d'entre elles, mesurées par Risley dans le Bengale et dans le Centre, par Thurston dans le Sud, se sont montrées dolichocéphales comme les populations d'alentour.

D'autre part, Risley établit que l'indice nasal augmente à mesure qu'on descend dans l'échelle des castes, ce qui s'accorde avec l'hypothèse d'une population franchement nègre réduite en esclavage par des envahisseurs leptorhiniens. Enfin, Thurston trouve que la taille diminue régulièrement à mesure que s'élève l'indice nasal; par suite, il pense qu'on peut appeler *archidravidien* le pur sauvage de la jungle, petit, noir et platyrhinien (¹).

Je m'étais proposé, comme méthode, de rechercher la tribu la plus négroïde et la plus primitive, puis de la déterminer anthropologiquement aussi bien que possible. J'avais choisi la tribu des *Kader,* dans les monts d'Anémalé; cette tribu, déjà étudiée par Thurston, est probablement la seule dans tout le sud de l'Inde qui vive à l'état tout à fait sauvage, en pleine jungle inculte.

Sur place, après avoir passé trois semaines en deux campements et observé un nombre relativement considérable de Kader, je dus reconnaître que, si l'on trouve chez eux certains types négritiques très frappants, leur race est certainement mélangée; d'ailleurs, leur ethnographie me paraît indiquer qu'ils sont des réfugiés de la plaine ayant rétrogradé comme état social; et leur langage, quoi qu'on en ait dit, diffère très peu du tamoul. Ils sont pourtant tous dolichocéphales (indice moyen de 32 mâles adultes, 73,3; indices individuels extrêmes, 69 et 77); mais, si l'échelle de variation est peu étendue, la courbe de fréquence est loin de présenter une décroissance régulière autour de la moyenne. La taille moyenne de ces sujets est de $1^{m},56$, la taille maxima atteignant $1^{m},66$.

Je cherchai vainement plus avant dans la montagne un témoin resté plus pur. Dans une vallée d'accès difficile de toute part, j'ai visité des *Moudower,* tribu peu ou point connue des anthropologistes. Les Moudower sont à un état social beaucoup plus avancé que les Kader; ils ont des cultures, du bétail; ils ont des serfs qu'ils appelent *Poulayer* et qu'ils considèrent comme impurs. Leur langue est le tamoul. Au point de vue physique, les deux castes de la tribu sont nettement différentes. Si quelques Moudower se

---

(¹) DE QUATREFAGES, *Les Pygmées,* Paris, 1887. — H.-H. RISLEY, *Caste, Tribe and Race,* dans le Tome I du *Census of India* 1901. — E. THURSTON, *The Dravidian Problem,* dans *Madras governement Museum Bulletin,* t. II, 1899.

rapprochent du type nègre, d'autres s'en écartent beaucoup, tandis que leurs Poulayer sont bien plus uniformément nègres que les Kader. L'indice nasal [1] moyen des Kader étant 79 (cas extrêmes, 60 et 98), celui des Moudower est 77 (extrêmes, 68 et 86), celui des Poulayer, 83 (extrêmes, 74 et 100). Les uns et les autres sont d'ailleurs dolichocéphales (Moudower, 73; Poulayer, 74) et de petite taille ($1^m,59$ pour les uns comme pour les autres).

La montagne est donc ici, comme en général dans les pays qui ont une longue histoire, non l'asile inviolé des premiers habitants, mais le refuge de tous les vaincus.

L'anthropologie de la montagne ne peut plus légitimement être séparée de celle de la plaine. Même la dolichocéphalie exclusive constatée sur les tribus précédentes ne permet pas de conclure à la dolichocéphalie de tous les types ancestraux, étant donnée l'insuffisance de nos connaissances sur la valeur spécifique de l'indice crânien, ou sur les effets de l'hybridité et de la ségrégation dans les races humaines. Bien plus, j'ai cru, pendant quelque temps, que je serais ramené par extrapolation à un ancêtre noir sous-brachycéphale.

En effet, les Poulayer des Moudower sont un peu moins dolichocéphales que leurs maîtres. Du côté opposé, à la marge de la forêt, vivent les *Malasser,* tribu extérieure encore au système social des habitants de la plaine, mais en relation continuelle avec eux. Ces Malasser sont au moins aussi nègres que les Kader; ils sont manifestement métissés, mais c'est chez eux que j'ai vu, dans cette région, le plus de chevelures quasi-crépues; par les proportions du corps et des membres, ce sont les plus négritiques. Or leur indice céphalique moyen monte à 76, avec un chiffre individuel atteignant 84 (taille moyenne, $1^m,59$; indice nasal, 79).

Mais puisqu'il paraissait impossible de retrouver le type noir assez bien caractérisé, il fallait changer de méthode. J'entrepris de tracer un croquis d'ensemble de l'ethnologie dravidienne en m'en tenant à quelques mesures essentielles. La population est divisée en un grand nombre de groupes ethniques, soit par des circonstances topographiques, soit par l'existence de castes endogamiques; si les barrières physiques qui séparent ces groupes n'ont pas été étanches, les cloisons morales qui séparent les

---

(1) J'ai pris comme limite supérieure du nez, suivant la technique conseillée par Papillault, la suture naso-frontale; ce qui donne, pour l'indice dans le type nègre, des chiffres moins élevés que suivant la technique de Topinard.

castes ne l'ont pas été davantage; mais les unes et les autres ont ralenti la diffusion des races; et surtout, elles permettent de noter une gradation systématique des divers caractères suivant le degré de métissage; l'indication des types ancestraux sort ainsi des faits.

J'ai observé et mesuré plus de 800 individus appartenant à des castes et à des tribus choisies dans ce but. Cette méthode m'a conduit à des résultats assez nets.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution des formes sexuées chez les Néréidiens d'eau douce*. Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les Annélides Polychètes vivent normalement dans la mer; quelques-uns, cependant, ont abandonné le milieu marin. On ne connaît encore actuellement qu'un nombre fort restreint de Polychètes d'eau douce. L'espèce rapportée par M. G. Seurat, des îles Gambier, mérite, à divers égards, une mention toute particulière. L'archipel des Gambier se compose d'un groupe de montagnes volcaniques entourées par une ceinture discontinue d'îles basses ou *motous;* la partie sud de l'anneau coralligène serait submergée d'après Darwin qui avait cru trouver là un argument en faveur de sa conception des aires d'affaissement du Pacifique. C'est dans l'une de ces îles basses, Tarauru-roa, située à l'est de Mangareva, que M. G. Seurat a recueilli un nouveau Néréidien appartenant au genre *Perinereis* Kinberg (char. emend.). Il existe dans la région moyenne de ce *motou* une pièce d'eau stagnante, sans communication aucune avec la mer, alimentée uniquement par les pluies abondantes de ces contrées et dont la profondeur maxima ne dépasse pas 50^{cm}. Le Polychète vit dans la vase calcaire qui recouvre le fond de la dépression.

Plusieurs exemplaires de ce *Perinereis Seurati* nov. sp. possèdent des ovules à divers degrés de développement, ce qui met en évidence l'adaptation complète au milieu dans lequel ils ont été trouvés. Dans aucun d'eux je n'ai observé la présence simultanée d'éléments mâles et d'éléments femelles, ainsi que cela a lieu chez la *Nereis diversicolor* O. F. Müller, qui s'accommode des milieux les plus divers au point de vue du degré de salure (Mendthal). Chez deux individus femelles dont la partie postérieure manque, le corps n'est plus qu'un sac à œufs, à paroi amincie et semi-transparente. La musculature est fortement réduite, de même que le tube digestif. Les ovules, presque tous isolés les uns des autres, mesurent de 260^{μ} à 280^{μ} de diamètre.

Un fait très intéressant à signaler chez ces femelles parvenues à un état voisin de la maturité, c'est la légère transformation subie par les parapodes, dans le sens des

formes « hétéronéréidiennes ». La rame dorsale reste intacte. Dans la rame ventrale, le mamelon sétigère présente deux lobes foliacés très richement vascularisés; la base du cirre ventral offre à considérer deux lobes semblables. On n'observe aucune modification dans les soies qui conservent la même physionomie que chez les individus dépourvus d'éléments reproducteurs. Il n'y a aucune trace de la division si tranchée du corps en deux régions chez les formes épigames.

Il paraît n'y avoir là qu'une trace, un souvenir de la transformation épigamique de l'espèce marine d'où ce Néréidien d'eau douce est dérivé. Le développement des lobes foliacés parcourus par de très nombreux vaisseaux sanguins et des soies en palette caractéristiques des *Heteronereis* correspond à un changement complet au point de vue biologique : ces animaux, à l'état asexué, rampent au fond de la mer; à l'époque de la maturité sexuelle, munis d'appareils locomoteurs puissants, ils gagnent la surface où ils nagent souvent par essaims, à quelque distance des côtes. Un pareil changement dans le mode d'existence n'a pas lieu ici. Il est vrai que ces appendices ne sont pas exclusivement locomoteurs : leur vascularisation très riche montre qu'ils jouent un rôle important dans la respiration. Chez le *Perinereis Seurati*, toutes les parties des parapodes sont remarquables par la circulation intense dont elles sont le siège.

On constate d'ailleurs, d'une manière générale, que le passage de la vie en milieu salin à la vie dans l'eau douce s'accompagne d'une accélération embryogénique ou tachygenèse plus ou moins marquée.

En particulier, les phénomènes d'épigamie disparaissent chez les Néréidiens complètement adaptés à l'eau douce, comme l'a signalé récemment H.-P. Johnson chez la *Nereis limnicola* Johnson et chez la *Lycastis hawaiiensis* Johnson (1903), comme je l'avais moi-même mentionné chez la *Lycastis ouanaryensis* Gravier (1901).

Il est très difficile d'indiquer, même approximativement, l'époque de l'émersion de l'île basse où a été capturé le *Perinereis Seurati* et encore plus celle où le petit lac dans lequel il vit a été définitivement séparé de la mer; ces dates sont probablement fort anciennes. La présence aux parapodes de ces lobes foliacés épigamiques réduits, derniers vestiges des transformations de la forme sexuée marine ancestrale, paraît indiquer la lenteur de certains processus évolutifs.

PHYSIOLOGIE. — *Du contraste simultané des couleurs.* Note de **M. A. Polack**, présentée par M. d'Arsonval.

Les lois expérimentales du contraste simultané des couleurs sont bien connues ; quant à son mécanisme physiologique on est encore réduit à des hypothèses. La question s'est beaucoup compliquée par le fait qu'on ne se mettait pas toujours dans les conditions nécessaires pour éliminer toute influence des images accidentelles, de sorte que contraste simultané et contraste successif ont été souvent confondus et, à l'heure actuelle, la part n'est pas encore faite entre ces deux phénomènes qui me paraissent de nature très différente.

Je reprends donc l'étude du contraste simultané pur et pour y arriver j'ai recours à un épiscotister que je fais tourner devant l'œil avec la vitesse et l'ouverture convenables. J'observe ainsi à une certaine distance des plages de papier gris, fixées sur des fonds diversement colorés. En réglant l'épiscotister de manière à donner un temps d'admission d'une fraction de seconde ($0^s,1$ en général) suivi d'un intervalle suffisamment long (plusieurs secondes) je constate les faits suivants :

Les plages incolores deviennent franchement jaunâtres sur fond bleu et restent à peu près incolores sur fond rouge, lorsque je les observe avec mes yeux naturellement hypermétropes, en relâchant l'accommodation. Les mêmes plages paraissent, au contraire incolores sur fond bleu et verdâtres sur fond rouge, lorsque je place devant l'œil un verre convergent qui corrige totalement mon hypermétropie, ou même la surcorrige un peu.

Avec des plages plus grandes le phénomène est le même, sauf que la teinte complémentaire s'étend sur une zone marginale dont le diamètre apparent est constant [1].

Tous ces effets s'observent le mieux avec les couleurs extrêmes du spectre. Ainsi le fond bleu et le fond rouge donnent les meilleurs résultats, tandis que le vert en donne de moins caractéristiques.

Ces expériences montrent que, lorsqu'on se met absolument à l'abri des images accidentelles, le contraste ne se produit pas toujours, mais seulement dans le cas où l'œil est à peu près accommodé pour les radiations dominantes de la couleur inductrice. Dans le cas contraire, les plages grises paraissent demeurer à peu près incolores, mais en fait il se produit là une

---

[1] Dans le voisinage immédiat de la plage le fond devient souvent blanchâtre.

induction homonyme qui passe plus ou moins inaperçue, probablement à cause de la couleur relativement très vive de la plage inductrice.

Mais si l'effet de l'induction homonyme est souvent difficile à voir avec des plages grises, on peut le mettre bien en évidence avec des plages colorées; ainsi une plage verte sur fond rouge devient blanche quand elle subit l'induction homonyme, de même qu'une plage bleue devient rose clair, etc.

Donc, *induction hétéronyme* quand l'œil est accommodé pour les radiations dominantes de la couleur inductrice et *induction homonyme* dans le cas contraire, tel est le résultat expérimental. Son interprétation me paraît simple :

Les couleurs employées dans les expériences sont complexes; or comme l'œil n'est point achromatique, il se produit une dispersion de lumière complémentaire (¹), lorsqu'on accommode pour l'extrémité du spectre correspondante aux radiations dominantes du fond et une dispersion de ces dernières, lorsqu'on accommode pour l'extrémité opposée.

Dans une Note antérieure (²) j'ai montré combien cette dispersion est appréciable : elle peut donc suffire pour déterminer l'induction homonyme ou hétéronyme selon le cas.

On comprend ainsi pourquoi les effets sont plus marqués avec des couleurs inductrices correspondantes aux extrémités du spectre; dans ce cas toute la dispersion de l'œil est mise en jeu, tandis qu'elle ne l'est qu'en partie pour les couleurs moyennes. On comprend également pourquoi le bleu donne encore de meilleurs résultats que le rouge, sa complémentaire étant plus lumineuse.

En somme il ressort des expériences indiquées dans cette Note que le phénomène du contraste simultané des couleurs apparaît même avec des éclairs lumineux de $0^s,1$, ce qui élimine complètement les images accidentelles par mouvement de l'œil; un mouvement réflexe exigeant ce temps pour commencer à se produire. Mais dans ces conditions l'effet du contraste dépend de l'état de l'accommodation de l'œil; en outre la teinte complémentaire ne s'étend qu'à des zones ayant le diamètre apparent correspondant au chromatisme de l'œil. C'est donc celui-ci qui joue le rôle essentiel dans la production du contraste simultané pur.

(¹) J'entends par lumière complémentaire d'une couleur le mélange de toutes les radiations de cette couleur à l'exception des radiations dominantes.

(²) *Comptes rendus*, 13 juin 1904.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les chaleurs de combustion et la composition chimique des tissus nerveux et musculaire chez le cobaye, en fonction de l'âge.* Note de M. **J. Tribot**, présentée par M. A. Giard.

Dans une précédente Note (¹) nous avons exposé les résultats calorimétriques que nous avions obtenus sur quelques cobayes.

Nous avons poursuivi notre étude et nous l'avons complétée par l'analyse chimique des tissus. Le procédé de préparation des tissus, dus toujours à Mlle Stefanowska, est exactement le même que celui qui a été décrit dans notre première Note.

Voici les résultats définitifs obtenus :

Ages des cobayes.	Tissu musculaire.			Tissu nerveux.		
	Albuminoïdes pour 100.	Matières grasses pour 100.	Chaleurs de combustion (²).	Albuminoïdes pour 100.	Matières grasses pour 100.	Chaleurs de combustion (²).
			Cal			Cal
Cobaye 11 jours.	90,24	9,84	5,493	76,23	22,02	5,872
» 15 » .	85,75	11,12	5,556	?	?	?
» 16 » .	84,89	12,40	6,304	?	?	5,995
» 23 » .	82,41	15,24	6,394	60,54	37,25	6,085
» 35 » .	?	?	6,447	48,37	41,53	6,252
» 38 » .	78,75	15,82	?	48,12	46,67	6,470
» 60 » .	77,54	15,98	6,508	48,03	46,76	6,547
» 73 » .	76,51	16,55	6,679	47,85	46,94	6,715
» 86 » .	75,92	18,80	6,688	47,78	46,98	6,832
» 113 » .	73,50	21,87	6,980	47,32	47,35	7,425
» 120 » .	66,36	29,85	?	35,61	57,04	8,290
» 138 » .	43,75	51,47	7,125	35,94	55,52	7,560
» 180 » .	37,28	58,02	8,895	35,98	55,14	7,408
» 300 » .	41,15	55,38	6,754	36,18	55,04	7,384
» 540 » .	48,24	53,24	6,650	36,67	54,81	7,195
» 555 » .	53,25	52,04	6,544	36,75	54,86	7,157
» 600 » .	71,87	18,56	6,219	41,12	54,21	7,005

(¹) *Comptes rendus*, 27 mars 1905.

(²) Par suite d'une légère erreur qui s'était glissée dans nos premières expériences, les chiffres primitifs sont modifiés.

L'énergie fixée (E_F de M. Ernest Solvay) est une fonction périodique de l'âge.

On voit d'après ce Tableau que :

1° La teneur en matière grasse passe par un maximum atteint vers le 180e jour pour le tissu musculaire, et le 120e jour pour le tissu nerveux;

2° La teneur en matières albuminoïdes passe par un minimum atteint aux mêmes époques, respectivement pour chaque tissu.

La chaleur de combustion de la graisse étant plus grande que celle de l'albumine dans le rapport 8,9 à 4,1, la chaleur de combustion totale du tissu doit passer par un maximum à une date qui doit coïncider avec la date du maximum de la teneur en graisse.

MÉDECINE. — *Sur une nouvelle méthode de protection contre les rayons de Röntgen*. Note de M. **J. Bergonié**, présentée par M. Bouchard.

Le danger qu'il y a à s'approcher souvent et à de faibles distances d'un tube de Crookes en fonction est aujourd'hui parfaitement reconnu de tous. De graves lésions de la peau à marche néoplasique ont été observées et l'action atrophiante des rayons de Röntgen, sur les glandes génitales en particulier (1), permet de prévoir que des désordres, tout aussi graves mais plus cachés, se produiraient à la longue sur l'organisme de ceux qui tous les jours utilisent les rayons X, soit pour le diagnostic, soit pour la thérapeutique.

Les moyens de protection que l'on utilise actuellement pour préserver l'entourage du malade traité ou observé peuvent être classés en deux catégories : 1° les enveloppes opaques pour les rayons de Röntgen placées au voisinage de leur centre d'émission ; 2° les écrans protecteurs placés au voisinage de l'opérateur ou recouvrant la partie de son corps à protéger. Dans la première catégorie, il faut ranger les tubes de Crookes en verre opaque et à fenêtre transparente et les localisateurs divers. Dans la deuxième, beaucoup plus nombreuse, il faut ranger tout l'attirail protecteur si varié : lunettes, gants, tabliers, armures, étoffes opaques, paravents de plomb, guérite plombée, etc. Le principal défaut des localisateurs est de provoquer une modification du champ électrique autour du tube, modification qui rend défectueux le fonctionnement de celui-ci. Le plus grand défaut des protecteurs est de gêner les mouvements de celui qui les revêt.

---

(1) Voir à ce sujet : 1° Bergonié et Tribondeau, *Action des rayons X sur le testicule du rat blanc* (*Société de Biologie*, 12 novembre, 17 décembre 1904 et 21 janvier 1905). — 2° Bergonié, Tribondeau et Récamier, *Action des rayons X sur l'ovaire de la lapine* (*Société de Biologie*, séance du 7 février 1905).

La nouvelle méthode de protection, employée déjà depuis six mois dans le service d'électricité médicale de l'Université de Bordeaux et des hôpitaux, ne présente aucun de ces inconvénients. Son principe très simple consiste à placer tout l'entourage du malade au-dessus du plan horizontal prolongeant l'anticathode et, au-dessous de ce plan, le malade seul. L'espace est ainsi virtuellement divisé en deux parties, dont l'une, la supérieure, est si complètement indemne de rayons X, qu'on peut y manier la plaque sensible radiographique auprès du tube sans risques de voile.

La réalisation pratique de ce dispositif est aussi simple que son principe : le plan du lit servant à la radiographie ou la radiothérapie est à peine plus élevé que celui du parquet du laboratoire, si bien que, pour les applications radiothérapiques ordinaires, le plan mené par l'anticathode vient au plus au niveau de l'articulation du genou pour l'entourage. Dans les opérations de radiographie avec le radiolimitateur compresseur, à peu près même hauteur du plan horizontal limitant la zone dangereuse. Dans les grandes radiographies du bassin, ce plan peut s'élever jusqu'aux deux tiers de la cuisse d'un homme moyen, jamais jusqu'au-dessus de ses organes génitaux. Pour des hauteurs du tube plus élevées encore, très rarement employées, ou pour placer même nos jambes dans la zone de sécurité, nous avons des sièges surélevés portant nos pieds à $0^m,50$ du sol.

Une pratique déjà longue de ce dispositif ne nous en a révélé aucun inconvénient. Les avantages en sont nombreux : suppression complète de tout localisateur et simplification sensible de l'appareillage, surveillance parfaite du fonctionnement du tube, durée plus grande de celui-ci, mesure facile de la qualité des rayons émis, etc. Au point de vue de la sécurité, elle est si complète que nous n'avons plus, depuis l'emploi de ce dispositif, observé sur nous-mêmes une seule poussée de radiodermite; les lésions chroniques anciennes de quelques-uns d'entre nous ont une tendance à guérir; le port de guêtres ou jambières opaques a été reconnu inutile; nous n'avons plus ni lunettes, ni gants, ni tabliers, etc.

Ce dispositif ne peut s'appliquer à la radioscopie.

PARASITOLOGIE. — *Sur la dénomination de l'agent présumé de la syphilis.* Note de M. PAUL VUILLEMIN, présentée par M. Guignard.

En raison de l'extrême retentissement de la découverte de Schaudinn et Hoffmann, il est regrettable que l'agent probable de la syphilis, appelé par ces savants *Spirochæte pallida,* soit présenté au public sous un nom qu'il ne saurait garder. Le genre *Spirochæte* fut créé en 1833 par Ehrenberg pour le *Sp. plicatilis*. Cette espèce, avec son corps hélicoïdal et flexible, ses extrémités obtuses, sa propagation par scission transversale, se relie aux Myxophycées, malgré l'absence de phycochrome, par l'intermédiaire

des *Glaucospira*, ainsi que Lagerheim l'établit en 1892. C'est un type de Bactérie parente des Algues, ce que j'appelle une Leucophycée.

Les affinités du *Spirochæte pallida* doivent être cherchées, au contraire, du côté des Protozoaires. Telle est l'opinion de Schaudinn. Cette opinion est rendue très probable par la biologie et la pathologie comparées.

La rareté relative des états visibles du parasite dans les chancres à leur début, leur présence dans les lésions du nouveau-né, qui s'explique par filtration des germes à travers le placenta, donnent à penser que l'agent de la syphilis parcourt plusieurs stades, revêt diverses formes et notamment des formes plus petites que celles qu'on a vues, le rattachant aux virus ultra-microscopiques. Schaudinn nous a montré que, par de semblables réductions, le Trypanosome issu de l'*Hæmamœba Ziemanni* passe par un stade comparable au *Spirochæte pallida* pour parvenir à des dimensions qui atteignent et dépassent peut-être les limites de la visibilité.

La dourine, appelée vulgairement *syphilis des chevaux*, est causée par le *Trypanosoma equiperdum*, dont les formes de multiplication accélérée, d'après Schneider et Buffard, sont moins différenciées que les Trypanosomes typiques.

Malgré l'insuffisance des données morphologiques, il est donc vraisemblable que l'agent de la syphilis a d'étroites affinités avec l'agent de la dourine, qu'il offre un hétéromorphisme et une évolution complexe qui, en le rapprochant des Flagellates ou mieux des Sporozoaires, l'éloignent des Spirilles, des Bactéries en général et surtout des Algues. Voilà pourquoi le nom de *Spirochæte* ne lui convient pas.

Tout en subissant la nécessité de créer un nom générique nouveau pour les formes animales qui ressemblent au *Spirochæte*, nous pensons qu'il est bon de garder le même radical pour rappeler la similitude qui a frappé Schaudinn. Nous proposerons le nom de *Spironema* pour les Protozoaires spiralés à bouts aigus qui diffèrent des Trypanosomes par la réduction de l'appareil nucléaire, de la membrane ondulante et de son prolongement flagelliforme. Le Spirochète pâle deviendra ainsi, dans la nomenclature régulière, le *Spironema pallidum*.

GÉOLOGIE. — *Le grisou aux sondages de Lorraine.* Note de M. Francis Laur.

Il y a à peine huit jours le sondage d'Atton (à 4^{km} au sud-est de Pont-à-Mousson) a rencontré une seconde couche de houille qui a donné, à l'orifice

du trou de sonde, du gaz inflammable venant du fond, à travers la colonne d'eau de 900^{m}, crever à la surface sous forme de grosses bulles. La présence du grisou dans les couches du nouveau bassin houiller indique la nature des charbons qui donneront certainement des cokes industriels.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Ascensions de ballons-sondes exécutées au-dessus de la mer par S. A. S. le Prince de Monaco au mois d'avril* 1905. Note de **M. H. Hergesell.**

En avril 1905 S. A. S. le Prince de Monaco a réalisé pour la première fois le plan de faire des ascensions au-dessus de la mer. Ces ascensions ont été exécutées d'après deux méthodes que j'avais proposées, en se servant de ballons de caoutchouc fermés, pouvant monter avec une force ascensionnelle constante et atteignant ainsi de très grandes hauteurs.

Nous avons employé chaque fois un système de deux ballons, dont l'un devait éclater ou se détacher à une certaine hauteur, tandis que l'autre, plus petit, qui commençait à tomber après la perte du premier ballon, devait servir de parachute à l'instrument. Un flotteur était attaché à 50^{m} du ballon. Dès que ce flotteur atteignait la surface de l'eau, le ballon se maintenait à une hauteur de 50^{m} au-dessus de la mer, servant aussi de marque au navire qui était à la poursuite des appareils. En effet, immédiatement après le lancer, la *Princesse-Alice* commençait à suivre les ballons à toute vitesse pour qu'on ne les perde pas des yeux. Cela put être réalisé dans la plupart des cas. Deux fois cependant les ballons furent cachés par des nuages subitement formés; cela n'a pas empêché de retrouver plus tard dans l'un des cas le ballon et l'instrument, se tenant au-dessus de l'eau. Dans les cinq ascensions qui ont été exécutées, le succès n'a donc failli qu'une fois [1].

Il va sans dire que ces ascensions ne peuvent se faire que par un beau temps clair et quand la vitesse des courants aériens supérieurs n'excède pas trop la vitesse du navire. D'après les expériences faites l'année dernière, avec nos ascensions de cerfs-volants, ces conditions ne semblent pas très rares.

En jugeant nos premières ascensions il faut tenir compte de ce que les

(1) Le système complet, composé de deux ballons, d'un flotteur et d'un instrument, vient d'être retrouvé le 6 mai dans le golfe de Saint-Tropez, à 168 milles dans l'ouest de son point de départ.

conditions atmosphériques étaient alors défavorables. Effectivement, au mois d'avril, la mer entre la Corse et la Principauté de Monaco était presque toujours occupée par une dépression barométrique causant de forts courants aériens et rendant parfois très difficile la poursuite des ballons.

Nous avons employé deux méthodes pour faire tomber le système des ballons, dès qu'ils atteignent une hauteur donnée. Pour employer la première méthode, on gonfle plus fortement le ballon chargé des flotteurs, de sorte qu'il éclate plus tôt que le ballon servant de parachute. Cette méthode permet d'atteindre des hauteurs assez grandes, mais elle a le défaut de ne pouvoir fixer suffisamment la hauteur maxima, et par là la durée de l'ascension. Sans doute, on peut régler cette hauteur en gonflant plus ou moins le ballon; mais le moment où le ballon éclate dépend encore d'autres causes, comme la qualité du caoutchouc, et il y a ainsi toujours quelque incertitude sur la hauteur maxima obtenue. Avec la seconde méthode on n'attend pas l'éclatement du ballon, mais on le décroche automatiquement. A la pression voulue la plume du barographe de l'enregistreur forme contact : une petite pile sèche de poids minime actionne un électro-aimant qui ouvre le crochet par où le ballon supérieur est retenu. On règle le contact d'avance pour limiter l'ascension à une hauteur voulue.

En modifiant le degré de gonflement des ballons et le poids du flotteur emporté on peut faire varier dans de larges limites la vitesse verticale de la montée et de la descente. Dans la plupart des cas on préférera une grande vitesse verticale, pour assurer la ventilation du thermographe enregistreur et pour abréger la durée de la poursuite. Dans les ascensions décrites plus loin la vitesse verticale était de 5^m le plus souvent; la durée de l'ascension, qui dépendait de la hauteur maxima, variait entre 33^m et 58^m. L'instrument enregistreur était muni de mon thermographe à tube et en plus d'un thermographe bimétallique du système de M. Teisserenc de Bort.

Dans la description qui va suivre je ne parlerai pas des résultats météorologiques et ne décrirai que la méthode.

4 avril 1905, $9^h 35^m$, *a.* — Ascension avec deux ballons de 1500^{mm} de diamètre, sans crochet automatique. Ciel presque sans nuages, le vent est faible, en bas, mais augmente considérablement avec la hauteur. Après 15 minutes, les nuages qui se sont formés cachent les ballons. Le second ballon avec l'instrument est retrouvé le lendemain à 6^h du matin, se tenant au-dessus de l'eau.

Altitude maximum : 8900^m. Température minimum : $-46^o,3$.

Durée de l'ascension : 58 minutes. Vitesses verticales : à la montée, $5^m,6$ par seconde; à la descente, $4^m,8$.

7 avril 1905, 3^h, *p.* — Deux ballons de 1500^{mm}; crochet automatique réglé pour la

pression de 300^{mm}. Temps clair. Le navire suit les ballons dans la direction du SE; après 20 minutes, on observe que le ballon supérieur se détache. A la descente le ballon est perdu de vue pendant un certain temps. A 5^{h}, *p.* on le retrouve, se tenant à 50^{m} au-dessus de l'eau. Tout est ramené sans accident.

Altitude maximum : 6870^{m}. Température minimum : — 36°, 2.

Durée : 45 minutes. Vitesse verticale : à la montée, 5^{m},6; à la descente, 4^{m},7.

14 *avril*, 3^{h}25^{m}, *p.* — Deux ballons de 1500^{mm} de diamètre; crochet automatique, réglé pour 350^{mm} seulement, parce que les courants supérieurs paraissent très forts. Temps clair. Direction des ballons N85°E. Le navire suit à toute vitesse; après 19 minutes, on voit que le déclenchement a fonctionné; le ballon est redescendu à 4^{h}. A 5^{h}, tout est ramené à bord en bon état.

Altitude maximum : 6050^{m}. Température minimum : — 28°, 2. Durée : 47 minutes.

Vitesse verticale : 5^{m},0 (montée), 3^{m},8 (descente).

19 *avril*, 10^{h}, *a.* — Deux ballons de 1350^{mm} et de 1500^{mm} de diamètre initial. Le premier est fortement gonflé pour qu'il éclate bientôt. Temps clair. Le ballon, qui ne cesse d'être visible, éclate après 11 minutes. A 11^{h}45^{m}, *a.* tout est ramené à bord.

Altitude maximum : 4010^{m}. Température minimum : — 10°, 0. Durée : 33 minutes.

Vitesse verticale : 5^{m},4 (montée), 3^{m},2 (descente).

19 *avril*, 1^{h}28^{m}, *p.* — Deux ballons de 1500^{mm} de diamètre initial. Le premier ballon n'est pas gonflé plus fortement que le ballon inférieur; car nous avons l'intention d'atteindre une grande hauteur. Temps clair. La vitesse horizontale des ballons, petite au commencement, augmente à mesure que les ballons montent; le navire reste en arrière. Après 37 minutes, le ballon supérieur éclate; le ballon inférieur, qui commence à descendre, est encore visible pendant 7 minutes.

Enfin, il disparaît derrière un nuage et ne peut être retrouvé, bien que le navire continue dans la direction observée à la fin. D'après la vitesse verticale, qu'on peut évaluer avec une assez grande précision d'après la force ascensionnelle, le ballon a dû monter à 12^{km} au moins. Au moment où le ballon a éclaté, la hauteur angulaire était de 38°. La distance a donc été de 20^{km}. Cela prouve qu'on pourra voir les ballons jusqu'à cette distance avec de bonnes jumelles.

Ces ascensions au-dessus de la Méditerranée ont démontré que la méthode des ballons-sondes, qui a eu tant de succès sur terre, peut également être employée au-dessus des océans avec un grand avantage. Dans des conditions plus favorables que l'on peut, d'après nos expériences, trouver dans la région des alizés et des calmes, on atteindra des hauteurs de plus de 15^{km} sans perdre les ballons de vue. On étudiera ainsi non seulement les courants aériens dans le voisinage de l'équateur jusqu'à de grandes altitudes, mais encore d'autres phénomènes météorologiques tels que la position de cette zone isotherme découverte par MM. Teisserenc de Bort et Assmann.

On peut donc applaudir vivement au projet de S. A. S. le Prince de Monaco de continuer pendant l'été prochain les ascensions de ballons-sondes au-dessus de l'Atlantique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — M. **Paulin** adresse, de Grenoble, la dépêche suivante :

Sismographe Kilian-Paulin a enregistré secousse sismique, direction nord-ouest, 1er juin, $4^h 52^m 28^s$ matin, méridien Paris.

M. W. **Grosseteste** signale un tremblement de terre ressenti à Grasse.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 8 mai 1905.)

Note de M. *A. Demoulin*, Sur les surfaces de Voss de la Géométrie non-euclidienne :

Page 1227, ligne 4, *au lieu de*

$$D_1 = \pm iD, \qquad D''_1 = \mp iD'',$$

lisez

$$D_1 = \pm iD, \qquad D''_1 = \mp iD''. \tag{5}$$

Page 1228, ligne 5, *remplacer* (5) par (V).

Même page, ligne 9, *au lieu de*

$$\frac{\partial\sigma}{\partial u} = \frac{\partial\tau}{\partial u}\sin\omega,$$

lisez

$$\frac{\partial\sigma}{\partial u} = \frac{\partial\tau}{\partial u}\cos\omega.$$

Même page, ligne 15, *au lieu de* les équations (5), *lisez* les équations (V).

(Séance du 29 mai 1905.)

Note de M. *Paul Lebeau*, Sur quelques propriétés physiques du propane :

Page 1455, dans le Tableau représentant la solubilité du propane, *au lieu de* 10 volumes d'eau, *lisez* 100 volumes de liquide.